

TUGAS AKHIR - RC 144542

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN LANTAI MENGUNAKAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP)* DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH SURABAYA

MOH. SAFI'I MANSUR
NRP. 10111715000047

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

TUGAS AKHIR - RC 144542

**PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*
(CFRP) DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA**

MOH. SAFI'I MANSUR
NRP. 10111715000047

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



FINAL PROJECT - RC 144542

**STRUCTURE REINFORCEMENT AS A CONSEQUENCE FLOOR
INCRECEMENT USING *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*
(CFRP) WITH STUDY CASE OF SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA BUILDING**

**MOH. SAFI'I MANSUR
NRP. 10111715000047**

Supervisor

**Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003**

**DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

“PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER* *REINFORCED POLYMER (CFRP)* DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH SURABAYA”

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
pada

Program Studi D4 Lanjut Jenjang
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, Juli 2018

**Disusun Oleh :
Mahasiswa**



Moh. Safi'i Mansur

NRP. 10111715000047



**Dibeserta Oleh :
Dosen Pembimbing**

25 JUL 2018

Prof. Dr. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D

NIP. 19630726 198903 1 003



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG
 TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 4/7/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perkuatan Struktur Akibat Penambahan Lantai Menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Dengan Studi Kasus Gedung SMP 5 Muhammadiyah Surabaya		
Nama Mahasiswa	Moh. Safi'i Mansur	NRP	10111715000047
Dosen Pembimbing 1	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI		Dosen Penguji
- Mendeteksi dari stud. dipanji		
		Dr. Yuyun T, ST. MT NIP 19780201 200604 2 002
- Perkuatan Lantai di cek dan paku paku CFRP ✓ - Vu = 63.7 ton di cek ✓		
		Nur Ach. Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001
- Dibawa pengantar kumap perkuatan CFRP - Keunggulan & kelemahan CFRP - Abstrak diperbaiki		
		Ridho Bayuaji, St. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002
		NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Dr. Yuyun T, ST. MT NIP 19780201 200604 2 002	Nur Ach. Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001	Ridho Bayuaji, St. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	
		NIP -



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Moh. Safiq Manur 2
NRP : 1 10111715000097 2
Judul Tugas Akhir : Perkuatan Struktur Akibat Penambahan Lantai Menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) dengan Studi Kasus Gedung SMP 5 Muhammadiyah Surabaya
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. M. Egit Darmawan, M. Engsc., Ph.D.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	02-Maret-2018	- Shear wall di hilangkan/dihapus - gempa 2500 th		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	16-Maret-2018	- Cek pembekanan terban - Lanjutkan menghitung kapasitas existing		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	29-Maret-2018	- Coba beberapa referensi yang digunakan untuk perkuatan struktur - lebih bkr, utk menguji Tdk		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	9-Mei-2018	- Cari referensi sambungan - lanjutkan ke perhitungan sambungan sama perhitungan perkuatan balok kolom		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	31-Mei-2018	- Kontrol binding geser - Gunakan dual sistem		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal


C = Sesuai dengan jadwal

K = Tertambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Moh. Safri Mandur 2
NRP : 1 1011715000097 2
Judul Tugas Akhir : Perkuat Struktur Akibat Penambahan Lantai Menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Dengan Studi Kasus Gedung SMP Muhammadiyah Furat
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Engg., PhD.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6.	29 Juni 2010	- Metode pelaksanaan di perlengkap dengan tambahan gambar-gambar		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Tertambat dari jadwal

**“PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP) DENGAN STUDI
KASUS GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH SURABAYA”**

Dosen Pembimbing = Prof. Ir. M. Sigit Darmawan,
M.EngSc., Ph.D
= 19630726 198903 1 003

Mahasiswa = Moh. Safi’i Mansur
= 10111715000047

ABSTRAK

Gedung SMP 5 Muhamadiyah Surabaya menggunakan struktur utama beton bertulang dengan struktur atap baja. Sistem struktur gedung ini menggunakan SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah). Bangunan yang selesai di bangun pada tahun 2015 ini awalnya memiliki 8 lantai yang di fungsikan sebagai fasilitas pendidikan. Namun pada tahun 2017 pihak SMP 5 Muhamadiyah ingin melakukan penambahan 1 lantai karena adanya kebutuhan ruang kelas.

Struktur gedung ini sebelumnya dirancang menggunakan peraturan yang lama yang dianggap tidak sesuai untuk struktur masa kini ini. Oleh karena itu, tugas akhir ini mengikuti peraturan gedung Indonesia terbaru yaitu SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.

Gedung SMP 5 Muhamadiyah Surabaya akan dianalisis kapasitas strukturnya sebagai gedung berlantai sembilan. Analisa awal terhadap kekuatan struktur dengan berpedoman pada aturan baru menunjukan bahwa struktur tidak mampu memikul beban tambahan satu lantai tersebut. Sehingga metode perkuatan struktur perlu diimplementasikan. Dalam tugas akhir ini, CFRP dipilih sebagai perkuatan struktur karena pelaksanaannya di

lapangan lebih mudah, tidak perlu membongkar elemen struktur eksisting sehingga dapat mempercepat pengerjaan konstruksinya.

Perencanaan CFRP yang digunakan untuk memperkuat elemen struktural didesain sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu ACI 440.2R-008.

Kata kunci : Peraturan Baru, Perkuatan Struktur, CFRP

**“STRUCTURE REINFORCEMENT AS A CONSEQUENCE
FLOOR INCRECEMENT USING CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP) WITH STUDY CASE OF
SMP 5 MUHAMADIYAH SURABAYA BUILDING”**

Conselor = Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc.,
Ph.D

= 19630726 198903 1 003

Student Name = Moh. Safi'i Mansur

= 10111715000047

ABSTRACT

SMP 5 Muhamadiyah Surabaya building uses reinforced concrete as its main structure and steel frame as its roof structure. Structural system of this building follows SRPMM (Intermediate Moment Resisting Frame Method). This eight-story building was built in 2015 and it has been functioning as an educational facility since then. However, in 2017 SMP 5 Muhamadiyah planned adding one more story in order to increase the number of classroom to fit more students.

This structure was previously designed using indonesian old building code which was not considered suitable to this day. Therefore, this study follows the most recent Indonesian building code which is SNI 1727-2013 Minimum Loading for Structures, SNI 2847-2013 Structural Design for Concrete Structures. SNI 2847-2013 Structural Design for Concrete Structures, SNI 1726-2012 Seismic Design for Structures.

SMP 5 Muhamadiyah Surabaya building will be analyzed it's structural capacity after redesigned as an eight-story buiding. The result of the initial analysis which follows the most recent code shows that the structures is not capable of withstand the additional loading. Therefore, a structural stenghtening method need to be implemented to the structures. In this project, CFRP was choosen because of the less difficulty in the construction. There is no need to demolish any exsisting structural element so that the construction will be done faster.

CFRP which was used to strengthned the structures is wrapped along the length of structural element such as beam and coloumn and it is designed according to ACI 440.2R-008.

Keywords : New Code, Stucture Reinforcement, CFRP

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, dan karunia-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul **“Perkuatan Struktur Akibat Penambahan Lantai Menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* Dengan Studi Kasus Gedung SMP 5 Muhamadiyah Surabaya”** dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Laporan tugas akhir ini sebagai implementasi ilmu yang telah didapat selama perkuliahan di Program Studi Lanjut Jenjang Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penyusunan tugas akhir terapan ini sebagai syarat akhir kelulusan pada Program Studi Lanjut Jenjang Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir terapan ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta saudara tercinta, sebagai penyemangat dan telah memberikan banyak dukungan moril maupun materiil, serta doa.
2. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. Selaku Ketua Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Bapak Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D Selaku dosen pembimbing dalam penyusunan proposal tugas akhir.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Infrastruktur Sipil yang selama ini membimbing dan membantu dalam proses perkuliahan.
5. Bapak dan Ibu karyawan ITS yang selama ini membantu dan membimbing dalam urusan administrasi selama perkuliahan.
6. Seluruh keluarga mahasiswa ITS pada umumnya dan mahasiswa kampus ITS Manyar yang selama ini telah mendukung dan berpartisipasi dalam membantu terlaksananya penyusunan proposal tugas akhir ini.

7. Seluruh pihak yang terlibat dalam membantu terlaksananya proposal tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis berharap saran dan tanggapan yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun pada umumnya dan bagi pembaca pada khususnya.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.2 Perkuatan Struktur	6
2.3 Fiber Reinforced Polymer (<i>FRP</i>)	6
2.3.1 Carbon	7
2.3.2 Glass	8
2.3.3 Aramid.....	9
2.4 Keunggulan dan Kelemahan <i>FRP</i>	9
2.4.1 Keunggulan <i>FRP</i>	9
2.4.2 Kelemahan <i>FRP</i>	10

2.5	Perencanaan	10
2.5.1	Perkuatan Lentur.....	11
2.5.2	Perkuatan Geser.....	12
2.5.3	Perkuatan Confinement Kolom	13
2.6	Peraturan yang Digunakan.....	14
2.7	Studi (Tugas Akhir Terapan) Terdahulu.....	14
BAB III	METODOLOGI.....	17
3.1	Pengumpulan Data.....	17
3.1.1	Data Eksisting.....	17
3.1.2	Data Perencanaan	18
3.2	Perhitungan Beban.....	19
3.2.1	Beban Mati	19
3.2.2	Beban Hidup	19
3.2.3	Beban Angin	20
3.2.4	Beban Gempa	20
3.2.5	Kombinasi Pembebanan	27
3.3	Permodelan Struktur	28
3.4	Analisa Struktur.....	28
3.5	Perhitungan Kapasitas Elemen Struktur Eksisting	29
3.6	Evaluasi Kekuatan Elemen Struktur Awal	30
3.7	Perhitungan Perkuatan Struktur Eksisting	30
3.8	Gambar Teknik.....	31
3.9	Metode Pelaksanaan	31
3.10	Tahapan Analisa	31
3.11	Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>).....	31

BAB IV ANALISA DAN PERMODELAN STRUKTUR.....33

4.1	Penjelasan Umum.....	33
4.2	Pembebanan.....	33
4.2.1	Beban Mati	33
4.2.2	Beban Hidup.....	34
4.2.3	Beban Angin.....	34
4.2.4	Beban Gempa	36
4.2.5	Kombinasi Pembebanan	42
4.3	Permodelan Struktur.....	43
4.4	Hasil Analisa Struktur	45
4.4.1	Kontrol Rasio Partisipasi Massa.....	45
4.4.2	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental	46
4.4.3	Kontrol Berat Bangunan.....	48
4.4.4	Kontrol Gaya Gempa Dasar Struktur	49
4.4.5	Kontrol Sistem Ganda (Dual System)	51
4.4.6	Kontrol Simpangan Drift.....	52

BAB V PEMBAHASAN57

5.1	Analisa Struktur Sekunder Eksisting.....	57
5.1.1	Pelat Lantai.....	57
5.1.2	Balok Anak.....	60
5.1.3	Pelat Tangga	68
5.2	Analisa Struktur Primer Eksisting	74
5.2.1	Balok	74
5.2.2	Kolom.....	91
5.2.3	Dinding Geser.....	110

5.3	Perhitungan Perkuatan Struktur Eksisting	118
5.3.1	Perkuatan Balok.....	118
5.3.2	Perkuatan Kolom	133
5.4	Metode Pelaksanaan	136
5.4.1	Umum	136
5.4.2	Persiapan Permukaan Beton	136
5.4.3	Persiapan Permukaan <i>CFRP</i>	137
5.4.4	Pemasangan / Instalasi <i>CFRP</i>	137
5.4.5	Curing	140
5.4.6	Finishing.....	140
BAB VI PENUTUP.....		141
6.1	Kesimpulan.....	141
6.2	Saran	149
DAFTAR PUSTAKA		151
BIODATA PENULIS		153
LAMPIRAN		155

DAFTAR GAMBAR

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Gambar 2. 1 Beton Silinder	5
Gambar 2. 3 Material <i>CFRP</i>	7
Gambar 2. 4 Material <i>GFRP</i>	8
Gambar 2. 5 Material <i>AFRP</i>	9

BAB III METODOLOGI

Gambar 3. 1 Peta Respon Spektra Percepatan 0,1 detik (S_1) untuk probabilitas terlampaui 2 % dalam 50 tahun	22
Gambar 3. 2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik (S_s) untuk probabilitas terlampaui 2 % dalam 50 tahun	23
Gambar 3. 3 Spektrum Respons Desain	26
Gambar 3. 4 Kapasitas Penampang Balok Beton Bertulang dengan Tulangan Rangkap	29

BAB IV ANALISA DAN PERMODELAN STRUKTUR

Gambar 4. 1 Denah gedung elevasi +4.50	43
Gambar 4. 2 Permodelan 3D	44
Gambar 4. 3 Denah gedung elevasi +8.20	44

BAB V PEMBAHASAN

Gambar 5. 1 Detail Pelat Tipe A	57
Gambar 5. 2 Denah Pembalokan Lantai 2 elev. +4.50	61
Gambar 5. 3 Momen Tumpuan yang Terjadi pada Balok Anak B6	61
Gambar 5. 4 Gaya Geser yang Terjadi pada Balok Anak B6	62
Gambar 5. 5 Momen Lapangan yang Terjadi pada Balok Anak B6	62
Gambar 5. 6 Gaya Torsi yang Terjadi pada Balok Anak B6	62
Gambar 5. 7 Denah Lantai 2 elevasi + 4.50	68
Gambar 5. 8 Denah Tangga dan Detail Tulangan Eksisting Tangga	69
Gambar 5. 9 Permodelan Tangga	70

Gambar 5. 10 Momen Arah Memanjang dan Melintang pada Pelat Bordes.....	71
Gambar 5. 11 Momen Arah Memanjang dan Melintang pada Pelat Tangga.....	71
Gambar 5. 12 Denah Pembalokan Lantai 2 elev. +4.50.....	74
Gambar 5. 13 Detail Tulangan Eksisting Balok Induk B1.....	75
Gambar 5. 14 Momen Tumpuan yang Terjadi pada Balok Induk B1	75
Gambar 5. 15 Momen Lapangan yang Terjadi pada Balok Induk B1	76
Gambar 5. 16 Gaya Geser Tumpuan yang Terjadi pada Balok Induk B1	76
Gambar 5. 17 Gaya Geser Tumpuan yang Terjadi pada Balok Induk B1	76
Gambar 5. 18 Gaya Torsi Maksimum yang Terjadi pada Balok Induk B1	76
Gambar 5. 19 Diagram Gaya Geser Balok	83
Gambar 5. 20 Denah Kolom Lantai 1	91
Gambar 5. 21 Portal Kolom yang Tinjau	91
Gambar 5. 22 Detail Tulangan Eksisting Kolom K1	92
Gambar 5. 23 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom K1 Lantai 1	92
Gambar 5. 24 Momen Arah X yang Terjadi pada Kolom K1 Lantai 1	93
Gambar 5. 25 Momen Arah Y yang Terjadi pada Kolom K1 Lantai 1	93
Gambar 5. 26 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom di Atas Lantai 1	93
Gambar 5. 27 Momen Arah X yang Terjadi pada Kolom di Atas Lantai 1	93
Gambar 5. 28 Momen Arah Y yang Terjadi pada Kolom di Atas Lantai 1	93

Gambar 5. 29 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program spColumn	94
Gambar 5. 30 Diagram Interaksi Kolom Arah X.....	95
Gambar 5. 31 Diagram Interaksi Kolom Arah Y.....	95
Gambar 5. 32 Output Diagram Interaksi Kolom Arah X.....	98
Gambar 5. 33 Output Diagram Interaksi Kolom Arah Y.....	100
Gambar 5. 34 Diagram Gaya Geser Kolom.....	103
Gambar 5. 35 Gaya Geser Maksimum pada Kolom K1	104
Gambar 5. 36 Hubungan Balok Kolom yang Ditinjau	107
Gambar 5. 37 Denah Lokasi dan Permodelan 3D Dinding Geser	110
Gambar 5. 38 Diagram Interaksi Dinding Geser	115
Gambar 5. 39 Penampang Balok	119
Gambar 5. 40 Perkuatan Lentur <i>CFRP</i> Balok B1 daerah Tumpuan.....	122
Gambar 5. 41 Perkuatan Lentur <i>CFRP</i> Balok B1 Daerah Lapangan	126
Gambar 5. 42 Perkuatan Geser <i>CFRP</i> Balok B1 Daerah Tumpuan.....	129
Gambar 5. 43 Perkuatan Geser <i>CFRP</i> Balok B1 Daerah Lapangan	132
Gambar 5. 44 Penampang Kolom K1	133
Gambar 5. 45 Perkuatan Geser <i>CFRP</i> Kolom K1 Daerah Tumpuan.....	136
Gambar 5. 47 Pembersihan Permukaan Beton	137
Gambar 5. 48 Pengolesan Sikadur 30 pada Plate <i>CFRP</i>	138
Gambar 5. 49 Merekatkan Plate <i>CFRP</i> dengan Menekan Menggunakan Roller	138
Gambar 5. 50 Pengecekan Plate <i>CFRP</i>	139
Gambar 5. 51 Menyisipkan kembali Sikadur 30	139

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tabel 2. 1 Peraturan yang Digunakan.....	14
---	----

BAB III METODOLOGI

Tabel 3. 2 Koefisien tekanan dinding SNI 1727-2013 Pasal 27.4.1	20
Tabel 3. 1 Sistem Penahan Beban Angin Utama SNI 1727-2013 Pasal 27.4.1	20
Tabel 3. 3 Katagori Resiko Gempa.....	21
Tabel 3. 4 Faktor Keutamaan Gempa	22
Tabel 3. 5 Klasifikasi Situs	23
Tabel 3. 6 Koefisien Situs Fa.....	24
Tabel 3. 7 Koefisien Situs Fv	24
Tabel 3. 8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	25
Tabel 3. 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	25
Tabel 3. 10 Faktor Reduksi Gempa	27
BAB IV ANALISA DAN PERMODELAN STRUKTUR	
Tabel 4. 1 Data tanah	37
Tabel 4. 2 Tabel Percepatan Respon Spektrum (Sa)	40
Tabel 4. 3 Tabel Rasio Partisipasi Massa	45
Tabel 4. 4 Nilai Parameter Periode Pendekatan, Ct dan x.....	46
Tabel 4. 5 Koefisien untuk Batas Atas pada Pada Periode yang Dihitung.....	47
Tabel 4. 6 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v20.0.0.....	47
Tabel 4. 7 Berat Bangunan	48
Tabel 4. 8 Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction Fz untuk Beban Mati, Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup.....	50
Tabel 4. 9 Gaya Geser Gempa Dinamis dari SAP 2000 v20.0.0	50

Tabel 4. 10 Gaya Geser yang diterima Keseluruhan Struktur Hasil SAP 2000 v20.0.0	51
Tabel 4. 11 Gaya Geser yang diterima Dinding Struktur Hasil SAP 2000 v20.0.0	51
Tabel 4. 12 Presentase Gaya Gempa yang di tahan Rangka dan Dinding Geser.....	52
Tabel 4. 13 Simpangan Antar Lantai Ijin.....	53
Tabel 4. 14 Faktor Pembesaran Defleksi	53
Tabel 4. 15 Simpangan Antar Lantai Arah X	53
Tabel 4. 16 Simpangan Antar Lantai Arah Y	54
BAB V PEMBAHASAN	
Tabel 5. 1 Perhitungan Tulangan Pelat Arah X	59
Tabel 5. 2 Perhitungan Tulangan Pelat Arah Y	60
Tabel 5. 3 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga	71
Tabel 5. 4 Perhitungan Tulangan Pelat Bordes.....	73
Tabel 5. 5 Output Gaya Dinding Geser dari SAP 2000 v20.0.0	111
BAB VI PENUTUP	
Tabel 6. 1 Rekapitulasi Pembebanan Peraturan Lama dan Baru	141
Tabel 6. 2 Rekapitulasi Perkuatan Lentur Balok Lantai 2 (elv. +4.50)	143
Tabel 6. 3 Rekapitulasi Perkuatan Lentur Balok Lantai 2 (mezz) (elv. +8.20)	143
Tabel 6. 4 Rekapitulasi Perkuatan Lentur Balok Lantai 3 (elv. +11.70)	143
Tabel 6. 5 Rekapitulasi Perkuatan Lentur Balok Lantai 4 (elv. +15.70)	143
Tabel 6. 6 Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok Lantai 2 (elv. +4.50)	144
Tabel 6. 7 Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok Lantai 2 (mezz) (elv. +8.20)	145

Tabel 6. 8 Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok Lantai 3 (elv. +11.70)	146
Tabel 6. 9 Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok Lantai 3 (elv. +15.70)	147
Tabel 6. 10 Rekapitulasi Perkuatan Geser Kolom Lantai 1-2 (elv. +0.00 s/d +4.50)	148

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR NOTASI

b_w	= Lebar badan (web), mm.
D	= pengaruh dari beban mati.
F_α	= Koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik).
F_v	= Koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik).
f'_c	= Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa.
F_y	= Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, Mpa.
h	= Tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm.
h_w	= Tinggi bersih segmen yang ditinjau, mm.
I	= Momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm
I_b	= Momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu pusat, mm
I_n	= Panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan, mm.
l	= Panjang bentang balok atau slab satu arah, mm.
L	= Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
L_r	= Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
R	= Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
S_s	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, redaman 5 persen.
S_1	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik, redaman 5 persen.
S_{DS}	= Parameter percepatan respons spektral pada perioda pendek, redaman 5 persen.
S_{D1}	= Parameter percepatan respons spektral pada perioda 1 detik, redaman 5 persen.

S_{MS}	= Parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
S_{M1}	= Parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
T	= Perioda fundamental bangunan (seperti yang ditentukan dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2)
W	= Beban angin.
α_1	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar plat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel yang disebelahnya(jika ada) pada setiap sisi balok.
Φb	= Faktor reduksi (0,9).
d_b	= Diameter nominal batang tulangan, kawat, atau strand prategang, mm.
V_{u1}	= Gaya geser pada muka perletakan.
M_{nl}	= Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri).
M_{nr}	= Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)
L_n	= Bentang bersih balok

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung SMP 5 Muhamadiyah Surabaya menggunakan struktur utama beton bertulang dengan struktur atap baja. Sistem struktur gedung ini menggunakan SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah). Bangunan yang selesai di bangun pada tahun 2015 ini awalnya memiliki delapan lantai yang di fungsikan sebagai fasilitas pendidikan. Namun pada tahun 2018 pihak SMP 5 Muhamadiyah ingin melakukan penambahan satu lantai karena adanya kebutuhan ruang kelas.

Dalam tugas akhir ini, gedung SMP 5 Muhamadiyah Surabaya akan dianalisa kekuatannya karena pada tahap perencanaan bangunan ini masih menggunakan peraturan lama serta akan dihitung kebutuhan perkuatannya akibat penambahan satu lantai tersebut. *CFRP* dipilih sebagai perkuatan struktur karena pelaksanaannya di lapangan lebih mudah, tidak perlu membongkar elemen struktur eksisting sehingga dapat mempercepat pengerjaan konstruksinya.

CFRP merupakan salah satu perkuatan stuktur berbentuk serat karbon yang didefinisikan sebagai serat yang mengandung setidaknya 90% serat karbon. Serat karbon tidak menunjukkan korosi atau pecah pada suhu kamar. Fungsi perkuatan dengan system *CFRP* adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, axial dan daktilitas. Cara pemasangan *CFRP* adalah dengan melilitkannya mengelilingi permukaan perimeter elemen struktur yang diperkuat dengan menggunakan perekat epoxy resin. Sistem kerjanya sama dengan tulangan transversal konvensional. (Karmila, Agoes, Tavo, 2013).

Oleh karena itu, judul tugas akhir terapan ini adalah “Perkuatan Struktur Akibat Penambahan Lantai Menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* dengan Studi Kasus Gedung SMP 5 Muhamadiyah Surabaya”. Penulis akan

menganalisa berapa jumlah *CFRP* yang digunakan untuk memperkuat struktur eksisting sehingga mampu menahan beban sesuai peraturan baru dan metode pelaksanaannya di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berbagai permasalahan yang dihadapi pada tugas akhir terapan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menganalisa kekuatan gedung dengan adanya penambahan lantai sesuai peraturan baru?
2. Bagaimana menghitung kapasitas kekuatan struktur eksisting gedung?
3. Bagaimana menghitung perkuatan elemen struktur eksisting yang membutuhkan perkuatan?
4. Bagaimana metode pelaksanaan perkuatan struktur di lapangan?
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik dengan program bantu?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir terapan “Perkuatan Struktur Gedung Akibat Penambahan Lantai Dengan Studi Kasus Gedung SMP 5 Muhammadiyah Surabaya”, antara lain:

1. Perencanaan struktur mengacu pada SNI 03-2847-2013.
2. Pembebanan gravitasi dihitung berdasarkan SNI 1727-2013 dan PPIUG 1987.
3. Pembebanan gempa dihitung berdasarkan SNI 03-1726-2012.
4. Standar dan mutu *CFRP* mengacu pada ACI 440.2R-08.
5. Program bantu yang digunakan adalah SAP 2000 dan AutoCAD.
6. Tidak meninjau struktur bawah.
7. Tidak memperhitungkan analisis waktu dan biaya.
8. Tidak menghitung kebutuhan struktur tambahan lantai atap.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang diharapkan dari perencanaan struktur gedung ini antara lain :

1. Mahasiswa dapat menganalisa kekuatan gedung dengan adanya penambahan lantai sesuai peraturan baru.
2. Mahasiswa dapat menghitung kapasitas kekuatan struktur eksisting gedung.
3. Mahasiswa dapat menghitung perkuatan elemen struktur eksisting yang membutuhkan perkuatan.
4. Mahasiswa dapat mampu menjelaskan metode pelaksanaan perkuatan struktur di lapangan.
5. Mahasiswa dapat menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari perencanaan struktur gedung ini antara lain :

1. Mahasiswa mampu menghitung perkuatan struktur.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan metode pelaksanaan perkuatan struktur.
3. Mahasiswa mampu menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton sebagai salah satu material yang banyak digunakan pada struktur bangunan sipil mempunyai perilaku yang spesifik yaitu memiliki kuat tarik yang jauh lebih kecil dari kuat tekannya. Oleh karena itu material beton umumnya digabungkan dengan material lain yang mempunyai kuat tarik besar, seperti baja tulangan atau baja profil sehingga merupakan kesatuan struktur yang komposit beton bertulang. (Pangestuti, Nuroji, Antonius, 2006).



Gambar 2. 1 Beton Silinder

Struktur beton bertulang sudah banyak diaplikasikan pada berbagai sarana dan prasarana umum seperti struktur gedung, jembatan, dan lain sebagainya. Seiring dengan berjalannya waktu, seringkali terjadi peningkatan beban yang harus dipikul oleh suatu struktur bangunan, misalnya struktur gedung yang beralih fungsi, atau struktur beton yang telah mengalami kerusakan yang menyebabkan penurunan kapasitas struktur dalam menahan beban. Oleh karena itu struktur tersebut memerlukan perkuatan untuk

meningkatkan kapasitas dalam menahan beban. (Noorhidana, Purwanto.2012).

Salah satu metode perkuatan struktur beton adalah dengan menggunakan *FRP (Fiber Reinforced Polymer)*. *FRP* adalah jenis material yang ringan, mempunyai kuat tarik yang sangat tinggi (7-10 kali lebih tinggi dari baja), dan mudah dalam pelaksanaannya di lapangan. Elemen struktur beton yang dapat diperkuat dengan *FRP* adalah balok, pelat, dan kolom beton bertulang.

2.2 Perkuatan Struktur

Perkuatan (*strengthening*) pada struktur bangunan adalah suatu tindakan modifikasi struktur yang sudah ataupun belum mengalami kerusakan, dengan tujuan untuk menaikkan kekuatan atau daktilitas struktur. Ketika perkuatan akan dilakukan semua kegagalan harus dievaluasi. Memperkuat struktur sebagai lentur dapat menyebabkan kegagalan geser bahkan kapasitas beban tumpuan yang diinginkan meningkat. Hal ini juga harus dicatat bahwa tidak hanya bagian dari mode kegagalan perkuatan itu penting. Jika ada bagian penting dalam struktur diperkuat, maka bagian lain juga menjadi penting. Karena perubahan kekakuan dalam sistem struktural belum ditentukan maka seluruh struktur harus diselidiki. Perkuatan juga harus didesain dengan pertimbangan untuk meminimalkan pemeliharaan dan kebutuhan perbaikannya (Kristiawan, 2011).

Perkuatan struktur dapat dilakukan dalam beberapa metode. Metode perkuatan struktur bisa dilakukan dengan cara penyelubungan dengan beton atau *Concrete Jacketing*, dengan cara penyelubungan dengan baja atau *Steel Jacketing* dan dengan penyelubungan dengan material ringan komposit yaitu *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*.

2.3 Fiber Reinforced Polymer (FRP)

Fiber Reinforced Polymer (FRP) terbuat dari bahan yang ringan, tidak korosif, dan mampu menahan kuat tarik tinggi. *FRP* dapat terbuat dari 3(tiga) bahan komposit, yaitu Carbon, Glass, dan Aramid.

2.3.1 Carbon

Serat karbon didefinisikan sebagai serat yang mengandung setidaknya 90% berat karbon. Serat karbon tidak menunjukkan korosi atau pecah pada suhu kamar. Fungsi perkuatan dengan system *CFRP* adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, axial dan daktilitas. Cara pemasangan *CFRP* adalah dengan melilitkannya mengelilingi permukaan perimeter elemen struktur yang diperkuat dengan menggunakan perekat epoxy resin. Sistem kerjanya sama dengan tulangan transversal konvensional. (Karmila,Agoes,Tavio,2013)



Gambar 2. 2 Material *CFRP*

Dalam tugas akhir ini penulis menggunakan *CFRP* produksi SIKA. SIKA memproduksi 3(tiga) jenis *CFRP*, yaitu SIKA CarboDur berbentuk pelat tipis dengan bahan perekat menggunakan epoxy SIKADUR 30, SIKA WRAP berbentuk serat fiber dengan bahan perekat epoxy SIKADUR 330, dan yang terbaru NSM (*Near Surface Mounted*) yaitu menanam NSM kedalam beton. Berdasarkan bentuknya NSM terbagi menjadi 2(dua) jenis, yaitu : bulat seperti tulangan, dan pelat kecil.

a. SIKA CarboDur

Berbentuk pelat yang tebalnya 1,2mm. Perekat epoxy menggunakan SIKADUR 30. Cara pemasangannya ialah dengan mengoleskan epoxy ke beton yang permukaannya sudah dikasarkan. Epoxy juga dioleskan pada SIKA CarboDur, lalu direkatkan ke beton. Pemasangan SIKA CarboDur.

b. SIKAWrap

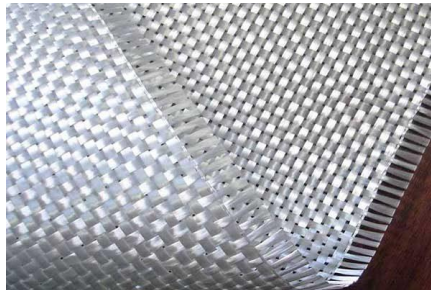
Berbentuk serat yang tebalnya 0,167 mm. Perekat epoxy menggunakan SIKADUR 330. Cara pemasangan yaitu dengan mengoleskan epoxy ke permukaan beton yang sudah dikasarkan, SIKAWrap ditempel di permukaan beton dan di tekan dengan rol, sehingga epoxy masuk ke dalam serat dan menjadi komposit. Pemasangan SIKAWrap.

c. NSM (Near Surface Mounted)

Sistem baru yang berbentuk plat kecil dan tulangan. Dipasang di dalam beton dengan cara melubangi beton lalu memasukkan tulangan kedalamnya lalu mengisi lubang dengan epoxy SIKADUR 30. Pemasangan NSM.

2.3.2 Glass

Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) adalah serat halus dari kaca. Jenis kekuatan *GFRP* memiliki kekuatan yang lebih rendah dari serat karbon dan kurang kaku. Bahannya sangat ringan tetapi juga lebih rapuh. Dalam pemasangannya menggunakan perekat epoxy resin sama dengan *CFRP*. Selain dipakai untuk perkuatan balok, kolom, dan struktur lainnya, *GFRP* juga dapat digunakan untuk interior maupun eksterior ruangan karena *GFRP* adalah bahan yang tahan akan segala jenis cuaca.



Gambar 2. 3 Material *GFRP*

2.3.3 Aramid

Serat Aramid juga dikenal sebagai serat kaveler adalah serat yang juga memiliki kekuatan tinggi, kaveler biasa digunakan di dalam jaket anti peluru. Serat Aramid memiliki kekuatan sekitar lima kali lebih kuat dari baja dengan berat yang sama, tahan panas, dan memiliki kuat tarik yang tinggi. Pemasangan *Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP)* yaitu dengan menempelkan pada permukaan elemen struktur yang membutuhkan perkuatan dengan menggunakan perekat epoxy resin. (Rameshkumar, Kulkarni, 2014).



Gambar 2. 4 Material AFRP

2.4 Keunggulan dan Kelemahan FRP

2.4.1 Keunggulan FRP

Keunggulan *FRP* antara lain :

- **Ringan** - serat karbon adalah bahan dengan kepadatan rendah dengan kekuatan yang sangat tinggi terhadap rasio berat.
- **Kekuatan tarik tinggi** - salah satu yang terkuat dari semua serat penguat komersial ketika sampai pada ketegangan, serat karbon sangat sulit untuk diregangkan atau dibengkokkan.

- **Ekspansi termal rendah** - serat karbon akan berkembang atau berkontraksi jauh lebih sedikit dalam kondisi panas atau dingin daripada bahan seperti baja dan aluminium.
- **Daya tahan yang luar biasa** - Serat karbon memiliki sifat kelelahan yang superior dibandingkan logam, yang berarti komponen yang terbuat dari serat karbon tidak akan aus dengan cepat di bawah tekanan penggunaan konstan.
- **Resistansi korosi** - bila dibuat dengan resin yang sesuai, serat karbon adalah salah satu bahan tahan korosi yang tersedia.
- **Radiolucence** - serat karbon transparan terhadap radiasi dan tidak terlihat pada sinar-x, sehingga bermanfaat untuk penggunaan peralatan medis dan fasilitas.
- **Konduktivitas listrik** - komposit serat karbon adalah konduktor listrik yang sangat baik.
- **Ultra-violet resistant** - serat karbon bisa tahan UV dengan penggunaan resin yang tepat.

2.4.2 Kelemahan *FRP*

Kelemahan *FRP* antara lain :

- **Serat karbon akan pecah atau pecah** saat dikompres, didorong melampaui kemampuan kekuatannya atau terkena dampak tinggi. Ini akan retak jika terkena palu. Mesin dan lubang juga bisa menciptakan daerah lemah yang bisa meningkatkan kemungkinan pemutusannya.
- **Biaya relatif** - serat karbon adalah bahan berkualitas tinggi dengan harga yang sesuai. Sementara harga turun secara signifikan dalam lima tahun terakhir, permintaan tidak meningkat cukup untuk meningkatkan pasokan secara substansial. Akibatnya, harga kemungkinan akan tetap sama untuk waktu dekat.

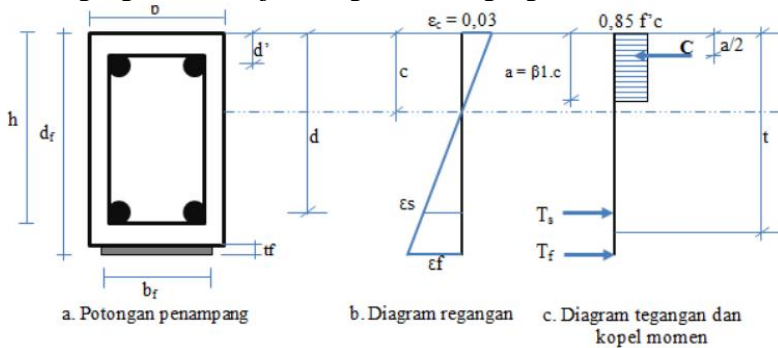
2.5 Perencanaan

Banyak standard perencanaan *FRP* yang sudah dikeluarkan, salah satunya yang umumnya digunakan di Indonesia adalah mengacu pada ACI 440.2R-08 (*Guide For Design and*

Construction of Externally Bonded FRP Systems For Strengthening Concrete Structures).

2.5.1 Perkuatan Lentur

Kapasitas lentur balok didasarkan pada limit state sesuai dengan ACI 318, yang ditentukan oleh batasan kuat tekan beton dan tegangan leleh baja tulangan serta tegangan efektif FRP.



Gambar 2. 5 Diagram regangan tegangan untuk perkuatan FRP

- Kesetimbangan Gaya

$$C = T$$

$$C = T_s + T_f$$

Dimana :

C = gaya tekan beton dan baja tulangan

T_s = gaya tarik baja tulangan

T_f = gaya tarik sumbangan FRP

- Regangan Rencana

$$\varepsilon_{fd} = 0,41 \sqrt{\frac{f'c}{n \cdot E_f \cdot t_f}} \leq 0,9 \cdot \varepsilon_{fu}$$

$$\varepsilon_{fu} = C_E \cdot \varepsilon_{fu}^*$$

Dimana :

ε_{fd} = regangan dimana debonding akan terjadi

ε_{fu} = regangan putus FRP

C_E = faktor reduksi

ε_{fu}^* = tensile strength

E_f = modulus elastisitas

t_f = tebal FRP

- Partial faktor reduksi untuk FRP

$\psi = 0,85$

- Momen Nominal

$$\phi Mn = \phi (M_{ns} + \Psi_f M_{nf})$$

$$M_{nf} = A_f \times f_{fe} \left(d_f - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right)$$

Dimana :

M_{ns} = momen nominal tulangan

M_{nf} = momen nominal FRP

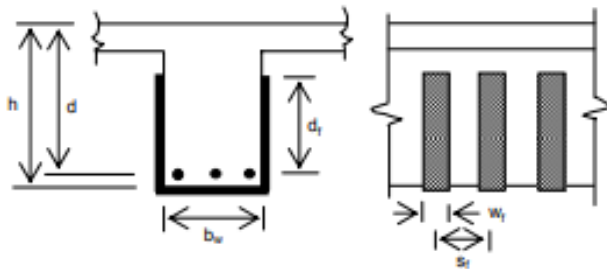
A_f = luasan FRP

f_{fe} = tegangan efektif FRP

d_f = tinggi efektif FRP

2.5.2 Perkuatan Geser

Kuat geser nominal V_n merupakan gabungan kontribusi beton V_c dan tulangan geser V_s dan FRP V_f (ACI Committee 440). Ketahanan geser masih dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan, sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:



Gambar 2. 6 Perkuatan geser dengan FRP 3 sisi

- Partial faktor reduksi untuk FRP
Complete wrap (4 sisi) - $\psi_f = 0,95$
U wrap (3 sisi) - $\psi_f = 0,85$
2 sisi - $\psi_f = 0,85$

- Regangan rencana :
 Complete wrap :
 $\varepsilon_{fe} = 0,004 \leq 0,75 \varepsilon_{fu}$
 U wrap dan 2 sisi :
 $\varepsilon_{fe} = k_v \cdot \varepsilon_{fu} \leq 0,004$
 $k_v = \frac{k_1 k_2 L_e}{11900 \cdot \varepsilon_{fu}} \leq 0,75$
 $L_e = \frac{23300}{(n_f \cdot t_f \cdot E_f)^{0,58}}$
 $k_1 = \left(\frac{f'c}{27} \right)^{2/3}$
 $k_2 = \frac{d_{fv} - L_e}{d_{fv}} \text{ (U wrap)}$
 $k_2 = \frac{d_{fv} - 2L_e}{d_{fv}} \text{ (2 sisi)}$
- Batasan maksimum perkuatan geser
 $V_s + V_f \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$
- Geser Nominal
 $\phi V_n = \phi (V_c + V_s + \psi_f V_f)$
 $V_f = \frac{A_{fv} \cdot f_{fe} (\sin \alpha + \cos \alpha) d_{fv}}{s_f}$

2.5.3 Perkuatan Confinement Kolom

- Regangan Rencana
 Aksial murni :
 $\varepsilon_{fe} = k_\varepsilon \cdot \varepsilon_{fu} \text{ (} k_\varepsilon = 0,55 \text{)}$
 Kombinasi aksial-lentur :
 $\varepsilon_{fe} = 0,004 \leq k_\varepsilon \cdot \varepsilon_{fu} \text{ (} k_\varepsilon = 0,55 \text{)}$
- Partial faktor reduksi untuk FRP
 $\psi = 0,95$

- Batasan dimensi untuk kolom persegi :
Maksimum 900 mm
Ratio b/h maksimum 2
- Aksial Nominal
 $\phi P_n = \phi [0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$

2.6 Peraturan yang Digunakan

Gedung ini dihitung kebutuhan perkuatannya karena pada tahap awal pembangunan, design gedung masih dihitung menggunakan peraturan lama. Untuk itu pada tugas akhir ini kebutuhan struktur gedung dihitung ulang dengan menggunakan peraturan baru. Peraturan lama dan peraturan baru yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2. 1 Peraturan yang Digunakan

No.	Peraturan Lama	Peraturan Baru
1.	SNI 1726-2002	SNI 1726-2012
2.	SNI 2847-2002	SNI 2847-2013
3.	PPIUG 1987	SNI 1727-2013
4.	SNI 1729-2002	SNI 1729-2015

2.7 Studi (Tugas Akhir Terapan) Terdahulu

Penulis melakukan studi literatur tugas akhir terdahulu yang kemudian dijadikan referensi. Berikut adalah tugas akhir yang terdahulu.

Judul : Perkuatan Gedung Dengan Menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* Studi Kasus Menggunakan Layout Gedung Laboratorium C-Dast Dan Ruang Kuliah Bersama Universitas Jember

Penulis : Yudith Vemmy

Tahun : 2017

Gedung Laboratorium C-Dast dan Ruang Kuliah Bersama Universitas Jember ini memiliki 8(delapan) lantai, dan dibangun dalam 2(dua) tahap. Pembangunan tahap pertama telah selesai dikerjakan pada tahun 2015 dengan lingkup pengerjaan sampai dengan lantai 4. Selanjutnya dilakukan pembangunan tahap kedua.

Pembangunan tahap kedua meliputi pengerjaan mulai dari lantai 5 (lima) sampai dengan lantai 8 (delapan).

Dalam tugas akhir Gedung Laboratorium C-Dast dan Ruang Kuliah Bersama Universitas Jember akan dianalisa kekuatannya dan akan dihitung kebutuhan perkuatannya, karena pembangunan tahap 1 (satu) gedung ini masih dihitung berdasarkan peraturan yang lama. Sehingga diperkirakan struktur eksistingnya membutuhkan perkuatan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data

3.1.1 Data Eksisting

Data tersebut berupa gambar arsitek dan gambar struktur. Gambar arsitek berupa gambar denah per lantai, gambar tampak dan gambar potongan. Gambar struktur berupa gambar denah kolom dan denah pembalokan tiap lantai. Data-data eksisting gedung adalah sebagai berikut:

- Data Umum Bangunan
 - Nama Bangunan : Gedung SMP 5 Muhammadiyah Surabaya
 - Tipe bangunan : Fasilitas Pendidikan
 - Jumlah lantai : 8 Lantai
 - Lebar Bangunan : $\pm 31,30$ meter
 - Panjang Bangunan : $\pm 47,80$ meter
 - Tinggi Bangunan : $\pm 30,70$ meter
 - Lokasi Gedung : Surabaya
- Peraturan yang Dipakai
 1. SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan Gedung)
 2. PPIUG-1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung)
 3. SNI 03-1726-2002 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung)
 4. AISC LRFD 1999 (Pedoman Perhitungan Baja)
- Data Bahan
 - a. beton bertulang
 - kolom & shearwall
 - lt. 1 - lt. atap : $f_c' = 30$ mpa
 - balok, pelat, tangga
 - semua lantai : $f_c' = 30$ mpa
 - bored pile : $f_c' = 30$ mpa

- pile cap : $f_c' = 30 \text{ mpa}$
- b. mutu baja
 - tulangan :
 - untuk $\emptyset \geq 13$: $f_y = 400 \text{ mpa}$
 - untuk $\emptyset < 13$: $f_y = 240 \text{ mpa}$
 - struktural :
 - semua komponen : bj-41 ($f_y = 250 \text{ mpa}$)
- Gambar arsitek terlampir
- Gambar struktur terlampir

3.1.2 Data Perencanaan

Data tersebut berupa gambar arsitek dan gambar struktur gedung dengan tambahan perkuatan struktur. Data perencanaan juga termasuk data mutu *CFRP* yang akan digunakan. Gambar arsitek berupa gambar denah per lantai, gambar tampak dan gambar potongan. Gambar struktur berupa gambar denah kolom dan denah pembalokan tiap lantai. Data-data yang akan dipakai dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

- Data Umum Bangunan

Nama Bangunan	: Gedung SMP 5 Muhamadiyah Surabaya
Tipe bangunan	: Fasilitas Pendidikan
Jumlah lantai	: 9 Lantai (tambahan 1 lantai)
Lebar Bangunan	: $\pm 31,30 \text{ meter}$
Panjang Bangunan	: $\pm 47,80 \text{ meter}$
Tinggi Bangunan	: $\pm 38,70 \text{ meter}$
Lokasi Gedung	: Surabaya
- Peraturan yang Dipakai
 1. Perencanaan struktur mengacu pada SNI 03-2847-2013.
 2. Pembebanan gravitasi dihitung berdasarkan SNI 1727- 2013 dan PPIUG 1987
 3. Pembebanan gempa dihitung berdasarkan SNI 03-1726- 2012.
 4. Standar dan mutu *CFRP* mengacu pada ACI 440.2R-08.

5. Perencanaan struktur baja pada SNI 1729-2015 dan AISC LRFD 2010

- Data Bahan
 - a. beton bertulang
 - kolom & shearwall
 - lt. 1 - lt. atap : $f_c' = 30 \text{ mpa}$
 - balok, pelat, tangga
 - semua lantai : $f_c' = 30 \text{ mpa}$
 - bored pile : $f_c' = 30 \text{ mpa}$
 - pile cap : $f_c' = 30 \text{ mpa}$
 - b. mutu baja
 - tulangan :
 - untuk $\emptyset \geq 13$: $f_y = 400 \text{ mpa}$
 - untuk $\emptyset < 13$: $f_y = 240 \text{ mpa}$
 - struktural :
 - semua komponen : bj-41 ($f_y = 250 \text{ mpa}$)
 - Gambar arsitek terlampir
 - Gambar struktur terlampir
 - Data spesifikasi *CFRP* yang akan digunakan terlampir

3.2 Perhitungan Beban

3.2.1 Beban Mati

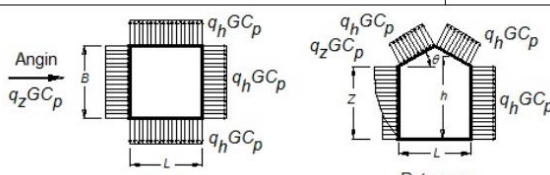
Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung, dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 03-1727-2013 pasal 3.1.(1)).

3.2.2 Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 03-1727-2013 pasal 4.1).

3.2.3 Beban Angin

Tabel 3. 2 Sistem Penahan Beban Angin Utama SNI 1727-2013 Pasal 27.4.1

Sistem Penahan Beban Angin Utama – Bagian 1		Seluruh ketinggian
Gambar 27.4-1	Koefisien tekanan eksternal, C_p	Dinding & Atap
Bangunan gedung tertutup, tertutup sebagian		
<div><div></div></div>		

Tabel 3. 1 Koefisien tekanan dinding SNI 1727-2013 Pasal 27.4.1

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	- 0,5	q_h
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

3.2.4 Beban Gempa

Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen. (SNI 03-1726-2012 pasal 4.1.(1)).

Perhitungan Gempa :

1. Faktor Keutamaan (I_e)

Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan menurut SNI 03-1726-2012 termasuk kategori IV, sehingga didapat faktor keutamaan (I_e)=1,5.

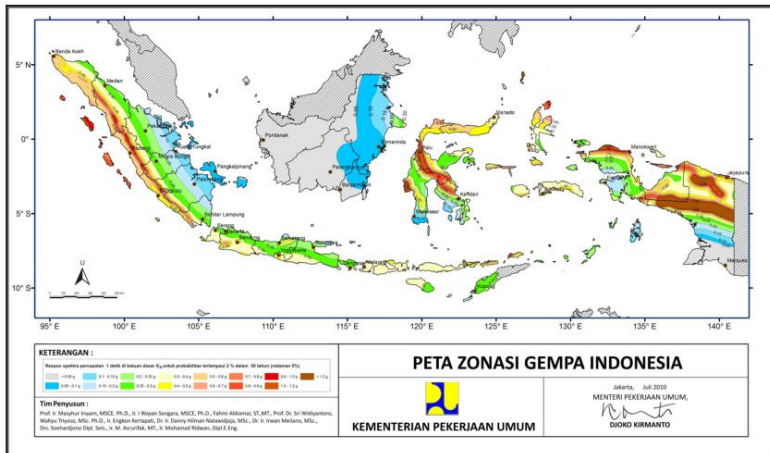
Tabel 3. 3 Katagori Resiko Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat. - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat. - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya. - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat. - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat. - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori resiko IV.</p>	IV

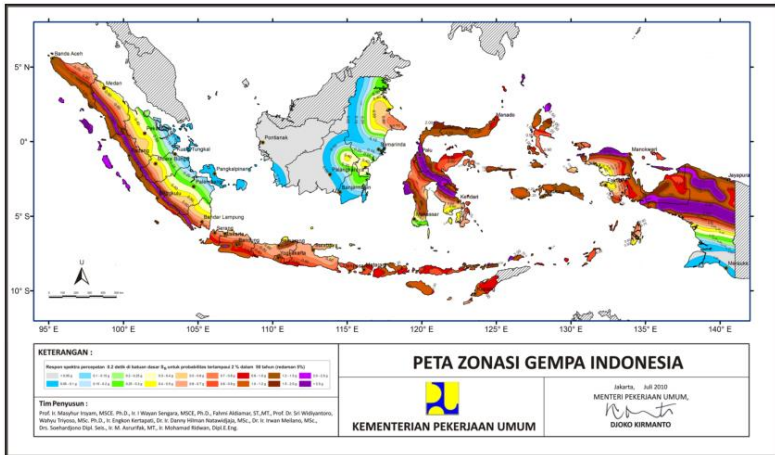
Tabel 3. 4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,00
III	1,25
IV	2,50

2. Parameter Percepatan Respons Spektral MCE dari Peta Gempa pada Periode Pendek (S_s) dan Parameter Percepatan Respons Spektral MCE dari Peta Gempa pada Periode 1 detik (S_1)



Gambar 3. 1 Peta Respon Spektra Percepatan 0,1 detik (S_1) untuk probalitas terlampaui 2 % dalam 50 tahun



Gambar 3. 2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik (S_s) untuk probabilitas terlampaui 2 % dalam 50 tahun

3. Klasifikasi Situs

Sesuai dengan SNI 03-1726-2012, dijelaskan bahwa profil tanah dibagi menjadi beberapa kelas, sesuai dengan tabel di bawah.

Tabel 3. 5 Klasifikasi Situs

Kelas Situ	\bar{v}_s (m/detik)	N atau N_{ch}	s_u (kpa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 1500	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

4. Faktor Koefisien Situs dan Parameter Respon (Fa, Fv, SMS, SD1) sesuai dengan SNI 03-1726-2012.

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

Dimana nilai dari F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 3. 6 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Catatan: Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 3. 7 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

Catatan: Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

5. Parameter Percepatan Spektral Desain (S_{D1}, S_{DS}) sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

6. Kategori Desain Seismik (KDS)

Tabel 3. 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Tabel 3. 8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

7. Respon Spektrum Desain

Respon Spektrum Desain merupakan grafik yang menunjukkan nilai besaran respon struktur dengan periode (waktu getar) tertentu.

- a. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan :

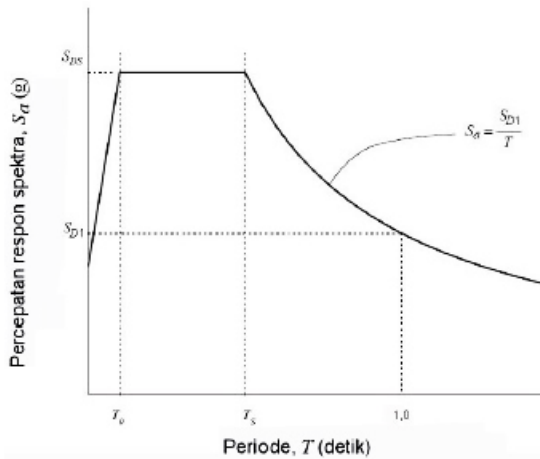
$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} .
- c. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a , diambil berdasarkan persamaan:
- $$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

dimana :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Berikut adalah grafik respons spektrum :



Gambar 3. 3 Spektrum Respons Desain

8. Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung direncanakan menggunakan Sistem Dinding Beton Bertulang Khusus (*Dual System*), sehingga faktor reduksinya:

Tabel 3. 10 Faktor Reduksi Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI

9. Gaya Geser Seismik (V)

$$V = C_s W$$

atau

$$V = \left(\frac{S_{DS}}{R} \right) W$$

dimana :

V = Gaya geser seismik

C_s = Koefisien respons seismik yang diperlukan

W = Berat seismik efektif

S_{DS} = Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek

R = Faktor modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan gempa

3.2.5 Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen-elemen struktur sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.2 sebagai berikut:

1. $1,4 D$

2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$

3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2 D + 1,0 E + L$
6. $0,9 D + 1,0 W$
7. $0,9 D + 1,0 E$

3.3 Permodelan Struktur

Permodelan struktur bertujuan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi. Permodelan struktur dapat dibuat dengan bantuan program SAP 2000. Permodelan struktur yang telah dibuat dibebani oleh beban-beban yang telah dibahas pada subbab 3.3. Struktur bangunan yang telah dibebani kemudian dibuat kombinasi pembebanannya sesuai peraturan. Berikut adalah kombinasi pembebanan pada gedung dengan struktur beton bertulang sesuai SNI 28470-2013:

- a. $U = 1,4 D$
- b. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- c. $U = 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d. $U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- e. $U = 1,2 D + 1,0 E + L$
- f. $U = 0,9 D + 1,0 W$
- g. $U = 0,9 D + 1,0 E$

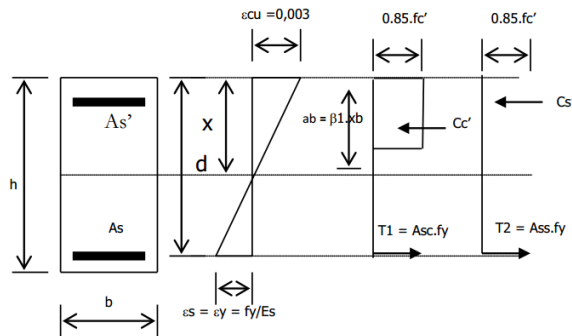
3.4 Analisa Struktur

Analisa gaya dalam dilakukan dengan alat bantu program SAP 2000 v20.0.0. Gaya-gaya dalam hasil output SAP kemudian dikoreksi dengan perhitungan manual. Struktur bangunan yang dianalisis adalah struktur atas (pelat, kolom, balok, tangga dan atap).

3.5 Perhitungan Kapasitas Elemen Struktur Eksisting

a. Perhitungan Kapasitas Balok

Balok Elemen balok merupakan salah satu elemen yang memikul beban yang terjadi padanya dengan mengandalkan kemampuan kapasitas momennya. Adapun kapasitas momen sangatlah ditentukan oleh luasan baja tulangan yang terpasang.



Gambar 3. 4 Kapasitas Penampang Balok Beton Bertulang dengan Tulangan Rangkap

Kemampuan penampang balok beton bisa dihitung berdasarkan :

$$Mn = 0,85.f'c'.ab \left(d - \frac{a}{2} \right) + As'.f's'.(d - d')$$

Sebagai kontrol apakah balok tersebut mampu memikul gaya dalam yang terjadi maka:

$$\phi.Mn > Mu$$

Mu diperoleh dari analisa gaya dalam SAP 2000.

b. Perhitungan Kapasitas Kolom

Elemen kolom, fungsi utamanya adalah terhadap beban aksial yang mana dipikul oleh kebutuhan penampang beton bertulang itu sendiri sedangkan kapasitas momen ditentukan oleh tulangan terpasang. Mengingat kompleksitasnya, kapasitas penampang dari suatu kolom

beton bertulang dapat dihitung dengan menggunakan bantuan program SPCOL 4.5.

3.6 Evaluasi Kekuatan Elemen Struktur Awal

Kapasitas penampang elemen struktur eksisting yang telah dihitung tersebut, kemudian dibandingkan dengan gaya-gaya dalam maksimum dari hasil analisa struktur. Apabila kapasitas penampang terpasang lebih besar dari gaya dalam yang terjadi maka dapat dikatakan elemen struktur masih kuat atau “OK”. Apabila didapatkan kalau struktur eksisting masih memenuhi untuk menahan gaya yang terjadi, maka di rencanakan gedung ditambah 1 (satu) lantai. Tetapi apabila kapasitas penampang terpasang lebih kecil dari gaya dalam yang terjadi, maka elemen struktur tersebut tidak kuat atau “NOT OK” dan membutuhkan perkuatan.

Perbandingan antara kapasitas penampang dengan gaya dalam maksimum yang terjadi disebut dengan “*Safety Factor / SF*” di mana nilai SF harus lebih besar dari 1 (satu). Kapasitas yang perlu dianalisa adaalah kapasitas akibat lentur, geser dan axial dengan ketentuan seperti yang tertera dalam ACI 440.2R-08.

3.7 Perhitungan Perkuatan Struktur Eksisting

Setelah dilakukan evaluasi kekuatan elemen struktur eksisting, maka didapatkan elemen-elemen struktur eksisting yang masih kuat, dan elemen struktur eksisting yang membutuhkan perkuatan. Pada elemen yang masih kuat tidak perlu dilakukan perkuatan. Tetapi pada elemen struktur yang tidak kuat dilakukan perhitungan perkuatan struktur dengan menggunakan *CFRP*.

Perhitungan kekuatan struktur ada 3(tiga) macam, yaitu perkuatan terhadap lentur (*Flexural Strengthening*), perkuatan terhadap geser (*Shear Strengthening*), dan perkuatan terhadap beban axial (*Axial Force Strengthening*). Secara umum cara mendapatkan jumlah *CFRP* yang dibutuhkan ialah dengan menghitung selisih antara kapasitas eksisting dan gaya dalam, kemudian membandingkannya dengan kekuatan *CFRP* sesuai spek yang digunakan. Detail rumus perhitungan dapat dilihat di ACI 440.2R-08.

3.8 Gambar Teknik

Hasil dari kesimpulan perhitungan struktur di atas dituangkan dalam gambar teknik. Sehingga hasil akhir tugas akhir berupa gambar detail perkuatan struktur dan gambar detail penulangan untuk struktur. Untuk mempermudah dalam penggambaran, maka dalam perencanaan ini akan menggunakan AutoCAD.

3.9 Metode Pelaksanaan

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai metode pelaksanaan pemasangan perkuatan struktur.

3.10 Tahapan Analisa

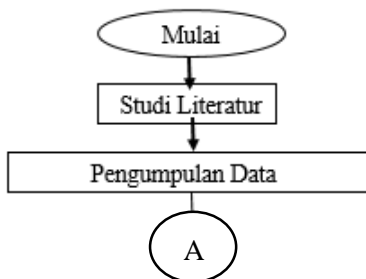
Pada tahap ini akan dilakukan 2 analisa struktur eksisting, yaitu :

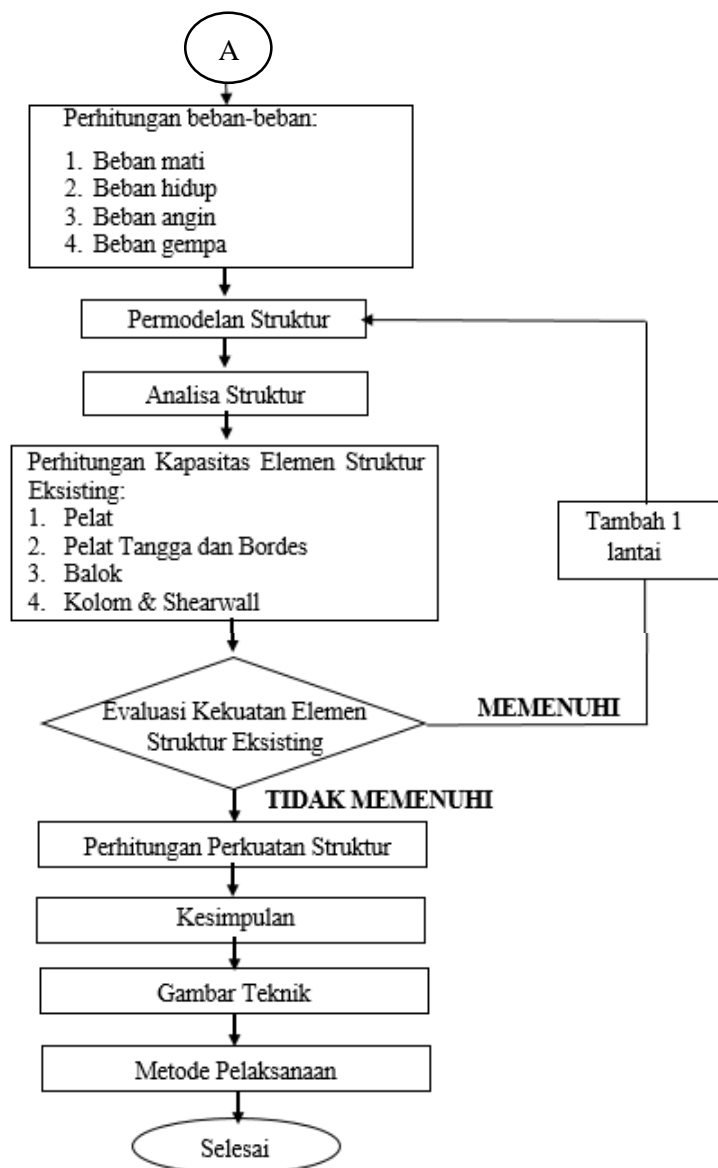
1. Analisa struktur eksisting 8 lantai menggunakan peraturan baru.
2. Analisa struktur eksisting 8 lantai dengan penambahan 1 lantai menggunakan peraturan baru.

Tahapan pertama dilakukan untuk mengetahui kapasitas nominal dari struktur eksisting apakah masih mencukupi memikul gaya dalam yang terjadi akibat perubahan peraturan baru. Sedangkan untuk tahapan ke dua dilakukan untuk mengetahui kapasitas nominal dari struktur eksisting apakah masih mencukupi memikul gaya dalam yang terjadi akibat perubahan peraturan baru dan penambahan lantai.

3.11 Diagram Alir (*Flow Chart*)

Adapun diagram alir (*Flow Chart*) adalah sebagai berikut.





BAB IV

ANALISA DAN PERMODELAN STRUKTUR

4.1 Penjelasan Umum

Pemodelan struktur Gedung SMP 5 Muhammadiyah Surabaya ini menggunakan SAP 2000 v20.0.0 bertujuan untuk mendapatkan gaya dalam setiap elemen struktur, yang nantinya akan dibandingkan dengan kapasitas struktur eksisting. Dengan demikian dapat diketahui perkuatan yang dibutuhkan struktur eksisting.

4.2 Pembebanan

4.2.1 Beban Mati

Beban mati struktur bangunan ditentukan sebagai berikut :

- a. Beban mati pada lantai

Keramik	= 16,5 kg/m ²
Spesi (t= 1 cm)	= 21 kg/m ²
Pemipaan air bersih dan air kotor	= 25 kg/m ²
Plafond kalsiboard 4.5	= 6,39 kg/m ²
Pertisi Plafond Kalsiboard	= 11,67 kg/m ²
Instalasi listrik AC dll	<u>= 40 kg/m²</u>
	= 120,56 kg/m ²

- b. Beban mati pada lantai atap

Pemipaan air bersih dan air kotor	= 25 kg/m ²
Plafond kalsiboard 4.5	= 6,39 kg/m ²
Pertisi Plafond Kalsiboard	= 11,67 kg/m ²
Instalasi listrik AC dll	<u>= 40 kg/m²</u>
	= 83,06 kg/m ²

- c. Beban mati dinding

Bata ringan citicon	= 60 kg/m ²
Plester D200	= 80 kg/m ²
Acian NP S450	<u>= 6 kg/m²</u>
	= 146 kg/m ²

Tinggi Lantai	<u>= 4,5 m</u>
	= 657 kg/m

4.2.2 Beban Hidup

Beban hidup struktur bangunan ditentukan sebagai berikut :

- a. Beban hidup pada lantai

Ruang kelas	= 192	kg/m ²
Koridor	= 383	kg/m ²
Ruang guru	= 240	kg/m ²
Ruang rapat	= 479	kg/m ²

- b. Beban hidup pada lantai atap

Atap datar	= 100	kg/m ²
------------	-------	-------------------

- c. Beban hidup pada lift

Beban lift car size		
R1	= 7800	kg
R2	= 6000	kg

4.2.3 Beban Angin

Beban angin struktur bangunan ditentukan sebagai berikut :

- Beban angin harus diambil dengan prosedur sesuai SNI 03-1727-2013 pasal 26.1.2.1. Berdasarkan pasal berikut ditetapkan prosedur pengarah untuk pemilihan perhitungan beban angin pada tugas akhir ini. Prosedur pengarah ini diperuntukkan untuk semua ketinggian bangunan.
- Prosedur pengarah disyaratkan dalam pasal 27
Berikut langkah-langkah untuk menentukan beban angin pada SPBAU Bangunan Gedung dari Semua Ketinggian :
Langkah 1 : Tentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain, lihat Tabel 1.5-1
 Sesuai persyaratan yang ada bangunan gedung tergolong kategori risiko IV

Langkah 2 : Tentukan kecepatan angin dasar, V , untuk kategori risiko yang sesuai

$$V = 18,5 \text{ km/jam} = 5,14 \text{ m/s (bmkgo.id/cuaca/prakiraan-cuaca.bmkgo.id)}$$

Langkah 3 : Tentukan parameter beban angin :

Faktor arah angin, K_d , lihat Pasal 26.6 dan Tabel 26.6-1

$$K_d = 0,85$$

Kategori eksposur B, C atau D, lihat Pasal 26.7

Eksposur B (daerah perkotaan dan pinggiran kota)

Faktor topografi, K_{zt} , lihat Pasal 26.8 dan Tabel 26.8-1

$$K_{zt} = 1,0 \text{ (pasal 26.8.2)}$$

Klasifikasi ketertutupan, lihat Pasal 26.10

Bangunan gedung tergolong tertutup

Faktor efek tiupan angin, G , lihat Pasal 26.9

$$G = 0,85 \text{ (pasal 26.9.1)}$$

Koefisien tekanan internal, (GC_{pi}) lihat Pasal 26.11 dan Tabel 26.11-1

$$GC_{pi} = + 0,18 ; - 0,18$$

Langkah 4 : Tentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h , lihat Tabel 28.3-1

$$K_z = 0,8984$$

Dimana :

$$z = 21,8 \text{ m}$$

$$z_g = 365,76 \text{ m}$$

$$\alpha = 7$$

$$15 \text{ ft} < z < z_g \text{ (dalam ft)}$$

$$4,6 \text{ m} < 21,8 \text{ m} < 365,76 \text{ m (dalam meter)}$$

Maka :

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{21,8}{365,76} \right)^{\frac{2}{7}}$$

$$K_z = 0,8984$$

Langkah 5 : Tentukan tekanan velositas, q_z atau q_h

Persamaan 27.3-1

$$q_z = 15,61 \text{ N/m}$$

Dimana

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2$$

$$q_z = 0,613 (0,898)(1,0)(0,85) (5,14)^2$$

$$q_z = 1,24 \frac{N}{m^2}$$

Langkah 6 : Tentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N , lihat Gambar 27.4-1

$$C_p = -0,4 \text{ (interpolasi)} \rightarrow \text{untuk sisi angin pergi}$$

$$C_p = 0,8 \rightarrow \text{untuk sisi angin datang}$$

$$C_p = -0,7 \rightarrow \text{untuk sisi angin tepi}$$

Langkah 7 : Hitung tekanan angin, p , dari persamaan 27.4-1

$$p = q(GC_p) - qi(GC_p)$$

$$p = 0,413 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{untuk sisi angin pergi}$$

$$p = 0,841 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{untuk sisi angin datang}$$

$$p = 0,734 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{untuk sisi angin tepi}$$

4.2.4 Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dengan metode analisa respons spektrum dilakukan dengan menggunakan perhitungan gempa secara manual dan disesuaikan dengan kota dimana bangunan tersebut akan dibangun. Perhitungan beban gempa dihitung sesuai dengan SNI 1726-2012 dan peta Hazard Gempa Indonesia 2010. Perhitungan spektrum respons gempa rencana desain dapat sebagai berikut.

- a. Kategori Risiko (I) dan Faktor Keutamaan (Ie)

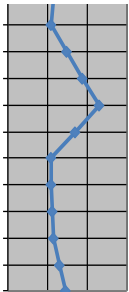
Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012, struktur ini termasuk dalam kategori risiko IV dengan faktor keutamaan gempa (Ie) 1,50.

b. Jenis Tanah

Berdasarkan hasil tes *boring* yang dilakukan di lapangan, diperoleh nilai N-SPT tanah rata-rata untuk kedalaman 40 meter yaitu $N = 3,8$ ($N < 15$).

Tabel 4. 1 Data tanah

Depth (m)	Type of Soil	N-Average	Grafik SPT	ti	ti/N
0,00	Pasir Berlanau	0			
-1,00	Pasir Berlanau	2		1	0,500
-2,00	Pasir Berlanau	2		1	0,500
-3,00	Pasir Berlanau	2		1	0,667
-4,00	Pasir Berlanau	2		1	0,667
-5,00	Pasir Berlanau	1		1	1,000
-6,00	Lanau Berpasir Abu-abu	1		1	1,000
-7,00	Lanau Berpasir Abu-abu	1		1	1,000
-8,00	Lanau Berpasir Abu-abu	1		1	1,000
-9,00	Lanau Berlempung Abu-abu	2		1	0,667
-10,00	Lanau Berlempung Abu-abu	2		1	0,667
-11,00	Lanau Berlempung Abu-abu	2		1	0,500
-12,00	Lanau Berlempung Abu-abu	3		1	0,400
-13,00	Lanau Berlempung Abu-abu	3		1	0,333
-14,00	Lanau Berlempung Abu-abu	5		1	0,222
-15,00	Lanau Berlempung Abu-abu	6		1	0,167
-16,00	Lempung Berlanau Abu-abu	8		1	0,125
-17,00	Lempung Berlanau Abu-abu	12		1	0,083
-18,00	Lempung Berlanau Abu-abu	15		1	0,067
-19,00	Lempung Berlanau Abu-abu	16		1	0,065
-20,00	Lempung Berlanau Abu-abu	16		1	0,063
-21,00	Lempung Berlanau Berpasir	18		1	0,056
-22,00	Lempung Berlanau Berpasir	19		1	0,053
-23,00	Lempung Berlanau Berpasir	21		1	0,048
-24,00	Lempung Berlanau Berpasir	21		1	0,048
-25,00	Lempung Berlanau Berpasir	22		1	0,047
-26,00	Lempung Berlanau Berpasir	22		1	0,045
-27,00	Lempung Berlanau Berpasir	23		1	0,043
-28,00	Lempung Berlanau Berpasir	24		1	0,042
-29,00	Lempung Berlanau Berpasir	23		1	0,043
-30,00	Lempung Berlanau Berpasir	22		1	0,045

-30,00	Lempung Berlanau Berpasir	22	-30,00		1	0,045
-31,00	Lempung Berlanau Berpasir	30	-31,00		1	0,033
-32,00	Lempung Berlanau Berpasir	38	-32,00		1	0,026
-33,00	Lempung Berlanau Berpasir	46	-33,00		1	0,022
-34,00	Lempung Berlanau Berpasir	34	-34,00		1	0,029
-35,00	Lempung Berlanau Berpasir	22	-35,00		1	0,045
-36,00	Lempung Berlanau Berpasir	22	-36,00		1	0,045
-37,00	Lempung Berlanau Berpasir	23	-37,00		1	0,044
-38,00	Lempung Berlanau Berpasir	23	-38,00		1	0,043
-39,00	Lempung Berlanau Berpasir	26	-39,00		1	0,038
-40,00	Lempung Berlanau Berpasir	29	-40,00		1	0,034
			Σ		40	10,523
			Nrata-rata		3,801215342	

Dengan hasil tersebut, berdasarkan pasal 5.3 SNI 1726-2012, maka kategori tanah yang ada di lapangan merupakan TANAH LUNAK (SE).

c. Koefisien Situs

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726-2012, koefisien situs S_s dan S_1 ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai S dan kelas situs yang berdasarkan jenis tanah.

$$Fa = 1,5 \quad S_s = 0,6 \quad (\text{Surabaya})$$

$$Fv = 3,2 \quad S_1 = 0,2 \quad (\text{Surabaya})$$

Penentuan nilai S_{ms} dan S_{m1} :

$$S_{MS} = Fa \times S_s$$

$$S_{MS} = 1,5 \times 0,6$$

$$S_{MS} = 0,9$$

$$S_{MI} = Fv \times S_1$$

$$S_{MI} = 3,2 \times 0,2$$

$$S_{MI} = 0,64$$

d. Parameter Percepatan Spektral Desain

Berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726-2012, parameter percepatan spektral desain, yaitu S_{DS} dan S_{D1} ditentukan berdasarkan rumus di bawah ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 0,9$$

$$S_{DS} = 0,6$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0,64$$

$$S_{D1} = 0,43$$

Dengan nilai-nilai tersebut, struktur gedung diklasifikasikan sebagai kategori desain seismik kategori D.

e. Sistem Penahan Gaya Seismik

Untuk Struktur Gedung SMP 5 Muhamadiyah ini, digunakan Sistem Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (*Dual System*) pada arah X dan Y.

Parameter sistem struktur untuk arah X dan Y dengan Sistem Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (*Dual System*) adalah:

$$R_0 = 7$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

$$C_d = 5,5$$

f. Spektrum Respons Desain

Penentuan nilai T_0 dan T_s :

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_0 = 0,2 \times \frac{0,43}{0,6}$$

$$T_0 = 0,1422 \text{ detik}$$




$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{0,43}{0,6}$$

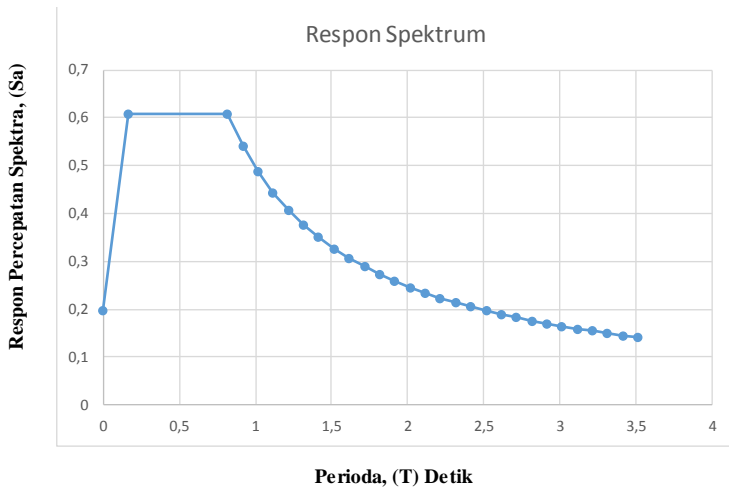
$$T_s = 0,711 \text{ detik}$$

Tabel 4. 2 Tabel Percepatan Respon Spektrum (S_a)

No	Periode (T)	Sa
1	0,000	0,171
2	0,142	0,600
3	0,711	0,600
4	0,811	0,526
5	0,911	0,468
6	1,011	0,422
7	1,111	0,384
8	1,211	0,352
9	1,311	0,325
10	1,411	0,302
11	1,511	0,282
12	1,611	0,265
13	1,711	0,249
14	1,811	0,236
15	1,911	0,223
16	2,011	0,212
17	2,111	0,202
18	2,211	0,193
19	2,311	0,185
20	2,411	0,177
21	2,511	0,170
22	2,611	0,163
23	2,711	0,157
24	2,811	0,152
25	2,911	0,147
26	3,011	0,142
27	3,111	0,137
28	3,211	0,133
29	3,311	0,129
30	3,411	0,125

 Pada saat $T = 0$
 Pada saat $T = T_0$
 Pada saat $T = T_S$

Pada saat $T > T_s$

Grafik 4. 1 Respon Spektrum Desain

g. Prosedur Gaya Lateral Ekvivalen

Berikut ini akan dihitung koefisien respons seismik, Cs, berdasarkan pasal 7.8.1.1 SNI 1726-2012.

Koefisien Respons Seismik

1. Cs maksimum

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \\
 &= \frac{0,6}{\frac{7}{1,5}} \\
 &= 0,1286
 \end{aligned}$$

2. Cs hitungan

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \\
 &= \frac{0,427}{0,724 \frac{7}{1,5}} \\
 &= 0,1264
 \end{aligned}$$

3. Cs minimum

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I \geq 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,6 \times 1,5 \geq 0,01$$

$$= 0,04 \geq 0,01$$

Nilai C_s yang digunakan adalah 0,04

h. Prosedur Fundamental Pendekatan

Periode fundamental (T) yang digunakan memiliki nilai batas maksimum dan batas minimum sesuai pasal 7.8.2.1 SNI 1726-2012, yaitu:

$$C_t = 0,049$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 36,40 \text{ m}$$

Ta minimum

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$= 0,049 \times 36,40^{0,75}$$

$$= 0,7232 \text{ detik}$$

Ta maksimum

$$T_{\min} = T_a = 0,7232 \text{ detik}$$

$$T_{\max} = C_u \times T_a$$

$$= 1,4 \times 0,7232$$

$$= 1,0125 \text{ detik}$$

$$T_{\min} = 0,723 < T_{\text{SAP}} = 1,368 > T_{\max} = 1,013$$

Periode gedung melebihi batasan yang ditetapkan. Menurut SNI 1726 2012 Ps. 7.9.4.1 apabila periode gedung melebihi batasan

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Keterangan :

T_c : Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Maka periode yang digunakan adalah **$T_{\max} = 1,013 \text{ detik}$**

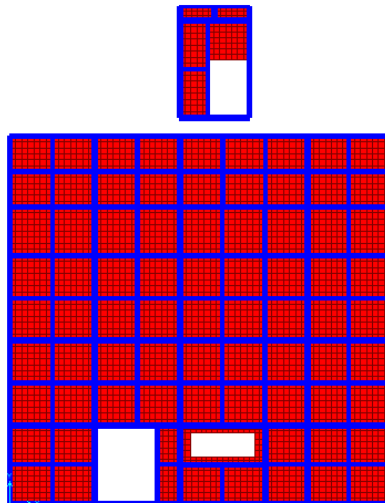
4.2.5 Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen-elemen struktur sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.2 sebagai berikut:

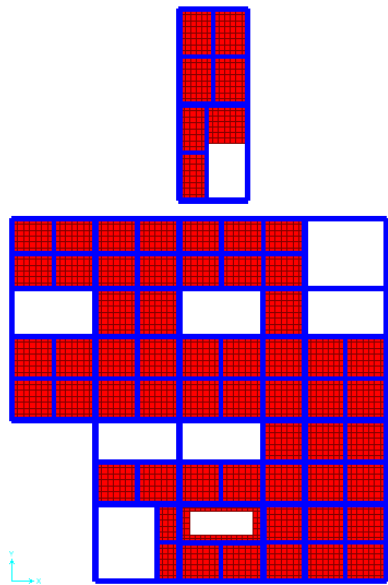
1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2 D + 1,0 E + L$
6. $0,9 D + 1,0 W$
7. $0,9 D + 1,0 E$

4.3 Permodelan Struktur

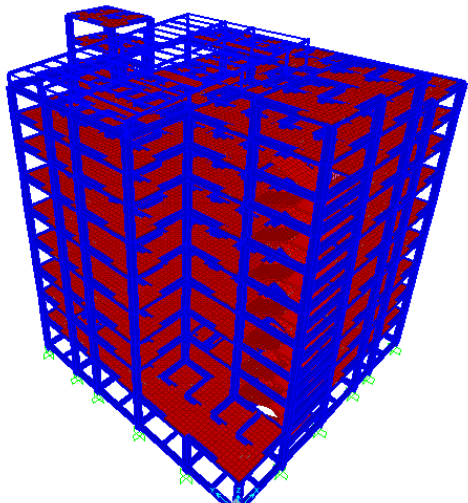
Permodelan struktur bertujuan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi. Permodelan struktur dapat dibuat dengan bantuan program SAP 2000 v20.0.0. Permodelan struktur yang telah dibuat dibebani oleh beban-beban yang telah dibahas pada subbab 4.2. Struktur bangunan yang telah dibebani kemudian dibuat kombinasi pembebanannya sesuai peraturan.



Gambar 4. 1 Denah gedung elevasi +4.50



Gambar 4. 3 Denah gedung elevasi +8.20



Gambar 4. 2 Permodelan 3D

4.4 Hasil Analisa Struktur

4.4.1 Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 ps 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Tabel 4. 3 Tabel Rasio Partisipasi Massa

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,358	0,037
MODAL	Mode	2	0,383	0,674
MODAL	Mode	3	0,463	0,676
MODAL	Mode	4	0,466	0,762
MODAL	Mode	5	0,469	0,763
MODAL	Mode	6	0,759	0,764
MODAL	Mode	7	0,759	0,764
MODAL	Mode	8	0,805	0,764
MODAL	Mode	9	0,805	0,774
MODAL	Mode	10	0,819	0,774
MODAL	Mode	11	0,819	0,785
MODAL	Mode	12	0,819	0,878
MODAL	Mode	13	0,819	0,878
MODAL	Mode	14	0,819	0,878
MODAL	Mode	15	0,819	0,882
MODAL	Mode	16	0,822	0,882
MODAL	Mode	17	0,865	0,882
MODAL	Mode	18	0,865	0,882
MODAL	Mode	19	0,896	0,882
MODAL	Mode	20	0,896	0,882

MODAL	Mode	20	0,896	0,882
MODAL	Mode	21	0,897	0,909
MODAL	Mode	22	0,897	0,909
MODAL	Mode	23	0,897	0,912
MODAL	Mode	24	0,897	0,912
MODAL	Mode	25	0,899	0,912
MODAL	Mode	26	0,899	0,912
MODAL	Mode	27	0,905	0,914
MODAL	Mode	28	0,906	0,919

Pada Mode ke 27

- Partisipasi Massa Arah X = 0,905

- Partisipasi Massa Arah Y = 0,914

4.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.2, bahwa pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental, diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan T_a .

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

dimana h_n adalah ketinggian struktur, C_t dan x adalah koefisien yang didapat dari tabel 15 SNI 1726 2012. Untuk gedung dengan sistem ganda digunakan sistem struktur lainnya.

Tabel 4. 4 Nilai Parameter Periode Pendekatan, C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 36,40 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \times h_n^x \\
 &= 0,0488 \times 36,40^{0,75} \\
 &= 0,7232 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} yang terdapat pada tabel 14 SNI 1726 2012 berikut.

Tabel 4. 5 Koefisien untuk Batas Atas pada Pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

$$T_{\min} = T_a = 0,7232 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &= 1,4 \times T_a \\
 &= 1,0125 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 6 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 v20.0.0

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	1,368	0,731
MODAL	Mode	2	1,291	0,774
MODAL	Mode	3	1,284	0,779
MODAL	Mode	4	1,237	0,808
MODAL	Mode	5	0,918	1,090
MODAL	Mode	6	0,855	1,169
MODAL	Mode	7	0,471	2,121
MODAL	Mode	8	0,442	2,260
MODAL	Mode	9	0,434	2,302
MODAL	Mode	10	0,421	2,375
MODAL	Mode	11	0,408	2,452
MODAL	Mode	12	0,383	2,609

Dari tabel diatas didapat nilai periode struktur gedung adalah 1,368 detik. Maka berdasarkan kontrol batas atas dan bawah periode,

$$T_{min} = 0,723 < T_{SAP} = 1,368 > T_{max} = 1,013$$

Periode gedung melebihi batasan yang ditetapkan. Menurut SNI 1726 2012 Ps. 7.9.4.1 apabila periode gedung melebihi batasan

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Keterangan :

T_c : Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Maka periode yang digunakan adalah **$T_{max} = 1,013$ detik**

4.4.3 Kontrol Berat Bangunan

Bagian ini merupakan kontrol berat bangunan yang dihitung secara manual dan dihitung secara komputerisasi oleh SAP 2000. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kesalahan pemasukan data pada SAP 2000.

Tabel 4. 7 Berat Bangunan

Story	SAP ton	Manual ton
Lantai 1	706,352	751,240
Lantai 2 (mezz)	1400,355	1415,827
Lantai 2	1290,435	1293,563
Lantai 3	1290,976	1300,466
Lantai 4	1290,976	1300,466
Lantai 5	1290,976	1300,466
Lantai 6	1248,468	1245,645
Lantai 7	1151,843	1255,400
Lantai 8	1151,843	1255,400
Lantai 9	700,424	730,463
Wt	11522,648	11848,937

Cek persyaratan :

$$\frac{Wt \text{ manual} - Wt \text{ Output SAP}}{Wt \text{ manual}} \times 100 \% < 5 \%$$

$$\frac{11522,648 \text{ ton} - 11848,937 \text{ ton}}{11522,648 \text{ ton}} \times 100 \% < 5 \%$$

$$2,8 \% < 5 \% \dots\dots (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan di atas didapat selisih berat bangunan sebesar 2,8 %, nilai ini masih berada di bawah batas selisih toleransi berat bangunan, yaitu 5%. Karena dalam perhitungan berat bangunan manual mengabaikan adanya rongga (void) pada struktur gedung, maka untuk perhitungan selanjutnya, akan digunakan berat bangunan yang dihitung oleh SAP 2000.

4.4.4 Kontrol Gaya Gempa Dasar Struktur

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Ps.7.8.1 , nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \times W_t$$

Dimana :

C_s = koefisien respon seismik

W_t = berat struktur

Perhitungan nilai C_s

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R}$$

$$= \frac{I_e}{7}$$

$$= \frac{0,6}{1,5}$$

$$= 0,1286$$

Nilai C_s diatas nilainya tidak perlu diambil lebih kecil dari :

$$C_{s_{min}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e$$

$$= 0,044 \times 0,6 \times 1,5$$

$$= 0,04$$

Nilai C_s diatas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari :

$$C_{s_{max}} = \frac{S_{D1}}{T^R I_e}$$

$$= \frac{0,427}{0,724 \frac{7}{1,5}}$$

$$= 0,1264$$

$$C_{s_{\min}} = 0,04 < C_s = 0,1286 > C_{s_{\max}} = 0,1264$$

Maka nilai C_s yang dipakai = 0,04

Dari permodelan struktur menggunakan SAP didapatkan nilai berat total struktur adalah :

Tabel 4. 8 Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction Fz untuk Beban Mati, Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup

OutputCase	Case Type	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D + 1L	Combination	-2,1E-07	-1,76E-07	11522648

Dari tabel diatas didapatkan berat struktur sebesar $W_t = 11522648,06 \text{ kg}$

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0,04 \times 11522648,06 \text{ kg}$$

$$= 456296,86 \text{ kg}$$

Tabel 4. 9 Gaya Geser Gempa Dinamis dari SAP 2000 v20.0.0

OutputCase	Case Type	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	702985,72	341415,2
QUAKE Y	LinRespSpec	257795,3	606229,81

Kontrol :

- Gempa arah X
 Gempa Dinamis > 0,85 Gempa Statik
 $702985,7 \text{ kg} > 0,85 \times 456296,9 \text{ kg}$
 $702985,7 \text{ kg} > 387852,33 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{Ok})$
- Gempa arah Y
 Gempa Dinamis > 0,85 Gempa Statik
 $606229,8 \text{ kg} > 0,85 \times 456296,9 \text{ kg}$
 $606229,8 \text{ kg} > 387852,33 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{Ok})$

Maka gaya geser akibat pengaruh gempa sudah memenuhi dan tidak perlu dikalikan faktor skala.

4.4.5 Kontrol Sistem Ganda (Dual System)

Berdasarkan SNI 1726 2012 Ps. 7.2.5.1 bahwa untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% dari gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

Dengan ketentuan diatas, melalui program SAP 2000 v20.0.0 gaya geser dasar yang diterima shearwall dapat diketahui pada perletakan dinding pada lantai paling dasar. Untuk gaya geser dasar yang diterima rangka pemikul momen dihitung berdasarkan selisih gaya geser total dan geser yang diterima dinding geser. Berikut contoh perhitungan untuk mencari prosentase penerimaan beban gempa.

- a. Gaya geser yang diterima keseluruhan

Tabel 4. 10 Gaya Geser yang diterima Keseluruhan Struktur Hasil SAP 2000 v20.0.0

OutputCase	Case Type	Fx	Fy
Text	Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	702985,72	341415,2
QUAKE Y	LinRespSpec	257795,3	606229,81

- b. Gaya geser yang diterima dinding

Tabel 4. 11 Gaya Geser yang diterima Dinding Struktur Hasil SAP 2000 v20.0.0

OutputCase	Case Type	Fx	Fy
Text	Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	328162,31	156725,44
QUAKE Y	LinRespSpec	189428,37	223218,00

- c. Gaya geser yang diterima rangka :

Gaya geser dasar total – Gaya geser yang diterima dinding
 $702985,72 - 328162,31 = 374823,41 \text{ kg}$

Prosentase rangka memikul beban gempa :

$$\frac{374823,41 \text{ kg}}{702985,72 \text{ kg}} \times 100 \% = 53,32 \%$$

Untuk perhitungan prosentase yang berbeda disajikan dalam tabel berikut.

Presentase rangka dan dinding

Tabel 4. 12 Presentase Gaya Gempa yang di tahan Rangka dan Dinding Geser

No	Gaya Gempa	Presentase Menahan Gempa (%)			
		Fx		Fy	
		SRPM	SW	SRPM	SW
1	Quake X	53,32	46,68	54,10	45,90
2	Quake Y	26,52	73,48	63,18	36,82

4.4.6 Kontrol Simpangan Drift

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan SNI 1726:2013 Pasal 7.9.3.

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

- Δ_i = simpangan yang terjadi

$$\Delta_i = \frac{C_d \times \delta_{ei}}{I}$$

Untuk gedung dengan sistem ganda menurut SNI 1726 2012 tabel 9

- Δ_a = batas simpangan

Untuk gedung dengan sistem ganda menurut SNI 1726 2012 tabel 16

$$\Delta_a = 0,01 h_{sx}$$

h_{sx} = ketinggian lantai yg ditinjau dari hasil analisis SAP 2000 akibat beban gempa yang dikombinasikan dengan beban gravitasi lain, diperoleh simpangan antar lantai.

Tabel 4. 14 Faktor Pembesaran Defleksi

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	II	II	II

Tabel 4. 13 Simpangan Antar Lantai Ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

a. Simpangan Arah X

Tabel 4. 15 Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	Elevasi m	Tinggi Antar	δe mm	δx_e mm	Δi mm	Δa mm	Ket
Atap	36,4	3	47,99	2,85	10,45	30	OK
8	33,4	3	45,14	2,85	10,45	30	OK
7	30,4	3	42,29	3,01	11,0367	30	OK
6	27,4	3,7	39,28	4,99	18,2967	37	OK
5	23,7	4	34,29	6,6	24,2	40	OK
4	19,7	4	27,69	6,79	24,8967	40	OK
3	15,7	4	20,9	5,78	21,1933	40	OK
2(mezz)	11,7	3,5	15,12	4,45	16,3167	35	OK
2	8,2	3,7	10,67	4,68	17,16	37	OK
1	4,5	4,5	5,99	5,35	19,6167	45	OK
Base	0	0	0,64	0,64	0	0	

b. Simpangan Arah Y

Tabel 4. 16 Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Elevasi m	Tinggi Antar	δe mm	δx_e mm	Δi mm	Δa mm	Ket
Atap	36,4	3	45,11	4,15	15,2167	30	OK
8	33,4	3	40,96	2,04	7,48	30	OK
7	30,4	3	38,92	2,04	7,48	30	OK
6	27,4	3,7	36,88	3,72	13,64	37	OK
5	23,7	4	33,16	4,7	17,2333	40	OK
4	19,7	4	28,46	5,38	19,7267	40	OK
3	15,7	4	23,08	5,89	21,5967	40	OK
2(mezz)	11,7	3,5	17,19	5,06	18,5533	35	OK
2	8,2	3,7	12,13	5,38	19,7267	37	OK
1	4,5	4,5	6,75	6,18	22,66	45	OK
Base	0	0	0,57	0,57	0	0	

Contoh perhitungan simpangan antar lantai (*story drift*)

kinerja batas ultimit pada lantai 8 arah Y:

1. Nilai perpindahan elastis (*total drift*) dari SAP 2000 v20.0.0 yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekakuan pada lantai 8, yaitu 43,29 mm. Jadi nilai $\delta e_8 = 43,29$ mm.
2. Nilai perpindahan elastis (*total drift*) dari SAP 2000 v20.0.0 yang e_8 dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekakuan pada lantai 7, yaitu 38,92 mm. Jadi nilai $\delta e_7 = 38,92$ mm.
3. Hitung simpangan atau perpindahan antar lantai untuk lantai 8 yaitu dengan persamaan $(\delta e_8 - \delta e_7) = (43,29 - 38,92) = 4,37$ mm.
4. Hitung nilai perpindahan antarlantai (*story drift*) yang diperbesar, yaitu:

$$\frac{\delta e_8 - \delta e_7}{I_e} \times Cd = \frac{43,29 - 38,92}{1,5} \times 5,5 = 16,02 \text{ mm}$$

5. Hitung nilai batas untuk simpangan antarlantai (*story drift*) Δa yang terdapat pada pasal 7.12.1 SNI 1726-2012, yaitu:
 $\Delta a < 0,01 h_{sx}$
 $\Delta a < 0,01 (3000)$
 $\Delta a < 30 \text{ mm}$
6. Cek nilai simpangan antar lantai pada lantai 8, yaitu:
 $16,2 \text{ mm} < 30 \text{ mm (OK)}$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Analisa Struktur Sekunder Eksisting

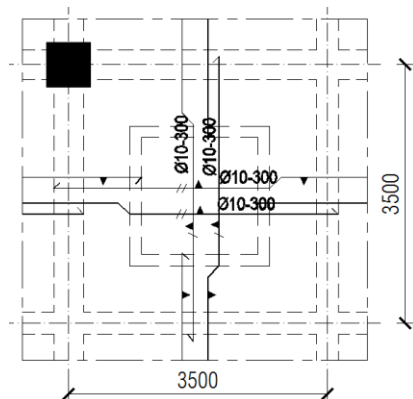
Analisa struktur sekunder eksisting yang dilakukan ini meliputi pelat lantai, balok anak dan pelat tangga.

5.1.1 Pelat Lantai

Struktur plat lantai yang dihitung pada bab ini merupakan plat yang dikelilingi oleh balok. Plat ini digunakan pada lantai 2 hingga lantai atap.

1. Data Eksisting

F_c	= 30	Mpa
$F_y \geq D13$	= 400	Mpa
$F_y < D13$	= 240	Mpa
Tebal decking	= 20	mm
Diameter sengkang	= 10	mm
Tebal plat lantai	= 120	mm
Panjang	= 3500	mm
Lebar	= 3500	mm



Gambar 5. 1 Detail Pelat Tipe A

2. Perhitungan Rasio Lebar Pelat

$$\begin{aligned} L_y &= 350 \text{ cm} - (1/2 B_2 + 1/2 B_2) \\ &= 350 \text{ cm} - (1/2 \times 40 \text{ cm} + 1/2 \times 40 \text{ cm}) \\ &= 310 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_x &= 350 \text{ cm} - (1/2 B_2 + 1/2 B_2) \\ &= 350 \text{ cm} - (1/2 \times 40 \text{ cm} + 1/2 \times 40 \text{ cm}) \\ &= 310 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_y/L_x &= 310 \text{ cm} / 310 \text{ cm} \\ &= 1,00 < 2,00 \end{aligned}$$

Maka Pelat Tipe A termasuk pelat dua arah.

M_{lx} & $M_{tx} \rightarrow X=50$

M_{ly} & $M_{ty} \rightarrow X=38$

3. Pembebanan Pelat

a. Beban Mati

Berat pelat 12 cm	= 288	kg/m ²
Keramik	= 16,5	kg/m ²
Spesi (t= 1 cm)	= 21	kg/m ²
Pemipaan air bersih dan air kotor	= 25	kg/m ²
Plafond kalsiboard 4.5	= 6,39	kg/m ²
Pertisi Plafond Kalsiboard	= 11,67	kg/m ²
Instalasi listrik AC dll	= 40	kg/m ²
	= 120,56	kg/m ²

b. Beban Hidup

Ruang kelas	= 192	kg/m ²
Koridor	= 383	kg/m ²
Ruang guru	= 240	kg/m ²
Ruang rapat	= 479	kg/m ²

c. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.1.1

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= (1,2 \times 120,56) + (1,6 \times 240) \\ &= 528,672 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4. Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_{lx} &= M_{tx} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001.528,672 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,5\text{m})^2 \cdot 50 \\ &= 323,81 \text{ kgm} = 0,323 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= M_{ty} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X \\ &= 0,001.528,672 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,5\text{m})^2 \cdot 38 \\ &= 246,09 \text{ kgm} = 0,246 \text{ tm} \end{aligned}$$

5. Penulangan Arah X

Tabel 5. 1 Perhitungan Tulangan Pelat Arah X

Uraian	Pelat
Tebal (mm)	120
Lebar "b" (mm)	1000
Cover beton (mm)	20
Tebal efektif "d" (mm)	95
Perhitungan Tulangan	
Tul. Melintang Arah X	
Atas - Bawah	
<i>Momen Ultimate (Tm/m')</i>	0,32
Penulangan	Ø10 -150
Ast terpasang (mm ² /m')	549,78
fy (N/mm ²)	240
T = Ast.fy (N/m')	131946,89
a = T/(0,85fc'.b) (mm)	5,17
<i>Momen Kapasitas = 0,8.T.(d-a/2)</i> (Tm/m')	0,98
Cek	(OK)

Jadi, tulangan pelat arah X yang terpasang Ø10 – 150 mampu menahan gaya yang terjadi.

6. Penulangan Arah Y

Tabel 5. 2 Perhitungan Tulangan Pelat Arah Y

Perhitungan Tulangan	
Tul. Memanjang Arah Y	
Atas - Bawah	
<i>Momen Ultimate (Tm/m')</i>	0,25
Penulangan	Ø10 -150
Ast terpasang (mm^2/m')	549,78
f_y (N/mm^2)	240
$T = Ast.f_y$ (N/m')	131946,89
$a = T/(0,85f_c'.b)$ (mm)	5,17
<i>Momen Kapasitas $= 0,8.T.(d-a/2)$ (Tm/m')</i>	0,87
Cek	(OK)

Jadi, tulangan pelat arah Y yang terpasang Ø10 – 150 mampu menahan gaya yang terjadi.

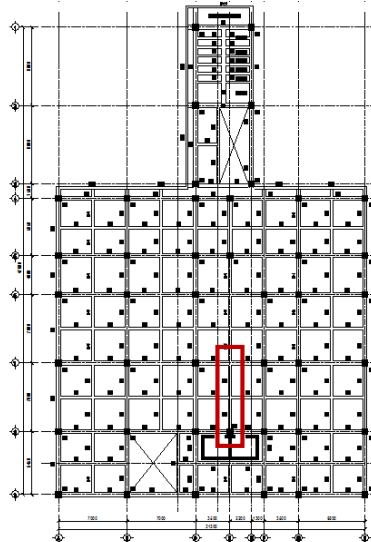
5.1.2 Balok Anak

Balok anak merupakan ssstem struktur sekunder yang direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 03-2847-2012 pasal 9.2.1 yaitu : 1,2 DL + 1,6 LL. Untuk balok anak yang ditinjau, diambil balok anak yang mengalami gaya terbesar yakni sebagai berikut:

1. Data Eksisting

Data Eksisting	= B6
F_c	= 30 Mpa
F_y	= 400 Mpa
Bentang	= 7000 mm
Lebar balok	= 300 mm
Tinggi balok	= 500 mm

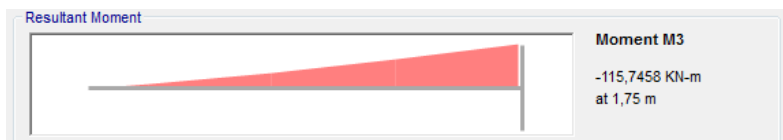
Tebal decking	= 40	mm
Diameter lentur	= 19	mm
Diameter sengkang	= 10	mm
Jarak tulangan lapis	= 25	mm
Lebar kolom	= 600	mm
Tinggi kolom	= 600	mm
Tebal plat lantai	= 120	mm



Gambar 5. 2 Denah Pembalokan Lantai 2 elev. +4.50

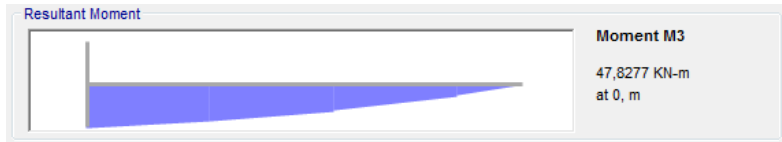
2. Gaya Dalam

Dari hasil perhitungan gaya pada program bantu SAP 2000 v20.0.0 didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:

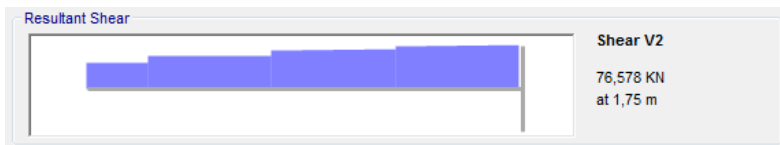


Gambar 5. 3 Momen Tumpuan yang Terjadi pada Balok Anak B6

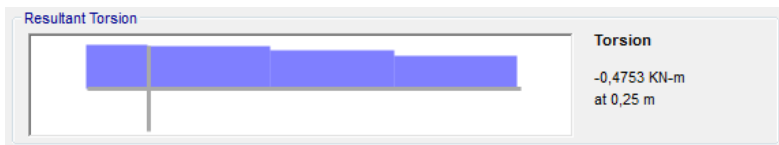
Momen tumpuan = 115,7 kNm (Komb.1,2D+1,6L)



Gambar 5. 5 Momen Lapangan yang Terjadi pada Balok Anak B6
Momen lapangan = 47,83 kNm (Komb.1,2D+1,6L)



Gambar 5. 4 Gaya Geser yang Terjadi pada Balok Anak B6
Gaya geser = 76,58 kN (Komb.1,2D+1,6L)



Gambar 5. 6 Gaya Torsi yang Terjadi pada Balok Anak B6
Gaya torsi = 0,47 kNm (Komb.1,2D+1,6L)

3. Tulangan Lentur

a. Daerah Tumpuan

Berdasarkan data yang udah diperoleh dari struktur eksisting
Tulangan lentur tumpuan pada balok B6 dipakai 4D19

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 1135 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1 lapis tulangan, jadi nilai d :

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - (19\text{mm} / 2) = 440,4 \text{ mm}$$

Tinggi Blok Tegangan ersegi Ekivalen

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1135 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} \\ &= 59,31 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times (f_c' - 28)/7) \\ &= 0,85 - (0,05 \times (30 - 28)/7) \\ &= 0,836 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{59,31 \text{ mm}}{0,836} \\ &= 70,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

Regangan tarik

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) \\ &= 0,003 \times \left(\frac{440,4 \text{ mm} - 70,99 \text{ mm}}{70,99 \text{ mm}} \right) \\ &= 0,016 > 0,005 \end{aligned}$$

Dipakai $\phi = 0,9$

Momen nominal

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times a \right) \\ &= 0,9 \times 1135 \text{ mm}^2 \times 400 \times \left(440,4 - \frac{1}{2} \times 59,31 \right) \\ &= 167805021 \text{ Nmm} = 167,8 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \phi M_n &\geq M_u \\ 167,8 \text{ kNm} &\geq 115,7 \text{ kNm (OK)} \end{aligned}$$

b. Daerah Lapangan

Kontrol Pengaruh Balok T

$$L_n = 7000 - 600 = 6400 \text{ mm}$$

Momen terfaktor yang bekerja pada balok :

Mu lapangan =

Lebar efektif balok T, b_e , yang diambil dari nilai terkecil antara :

$$a. \quad b_w + 2 (L_n/2) = 400 + 2(6400/2) = 6700 \text{ mm}$$

$$b. \quad b_w + 2 (8 \text{ tf}) = 400 + (8 \times 120) = 2220 \text{ mm}$$

$$c. \quad L/4 = 5700/4 = 1750 \text{ mm}$$

Diambil $b_e = 1750 \text{ mm}$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_e}$$

$$= \frac{1135 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1750}$$

$$= 20,34 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{20,34 \text{ mm}}{0,836}$$

$$= 24,34 \text{ mm}$$

Kontrol

$$c > t_f$$

24,34 mm > 120 mm (Balok T palsu)

Perhitungan dapat dilakukan seperti penampang balok persegi.

Tulangan Lentur Lapangan

Berdasarkan data yang udah diperoleh dari struktur eksisting

Tulangan lentur pada balok B6 dipakai 4D19

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 1135 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1 lapis tulangan, jadi nilai d :

$$d = 400\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - (19\text{mm} / 2) = 440,4 \text{ mm}$$

Tinggi Blok Tegangan ersegi Ekuivalen

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{1135 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} \\
 &= 59,31 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times (f_c' - 28)/7) \\
 &= 0,85 - (0,05 \times (30 - 28)/7) \\
 &= 0,836
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{59,31 \text{ mm}}{0,836} \\
 &= 70,99 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Regangan tarik

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_t &= 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) \\
 &= 0,003 \times \left(\frac{440,4 \text{ mm} - 70,99 \text{ mm}}{70,99 \text{ mm}} \right) \\
 &= 0,016 > 0,005
 \end{aligned}$$

Dipakai $\phi = 0,9$

Momen nominal

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times a \right) \\
 &= 0,9 \times 1135 \text{ mm}^2 \times 400 \times \left(440,4 - \frac{1}{2} \times 59,31 \right) \\
 &= 167805021 \text{ Nmm} = 167,8 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &\geq M_u \\
 167,8 \text{ kNm} &\geq 47,83 \text{ kNm (OK)}
 \end{aligned}$$

4. Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, V_u sejarak d dari muka tumpuan sesuai SNI 03 2847 2013 Pasal 11.1.3.1.

$$\begin{aligned} V_u' &= \frac{Vu}{0,5 \times l} \times \left(\frac{l}{2} - d \right) \\ &= \frac{76,58}{0,5 \times 7000} \times \left(\frac{7000}{2} - 540,4 \right) \\ &= 64,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17\lambda\sqrt{f_c'} \times bw \times d \\ &= 0,17(1)\sqrt{30} \times 400 \times 440,5 \\ &= 116,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$$\begin{aligned} V_u' &\leq 0,5\phi V_c \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser} \\ 64,76 \text{ kN} &> 58,45 \text{ kN} \quad \quad \quad \textbf{(tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$\begin{aligned} 0,5\phi V_c &\leq V_u' \leq \phi V_c \rightarrow \text{perlu tulangan geser minimum} \\ 58,45 \text{ kN} &< 64,76 \text{ kN} < 116,9 \text{ kN} \quad \quad \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan geser minimum

$$\begin{aligned} V_{smin} &= \frac{1}{3} \times bw \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \times 440,5 \\ &= 58733,33 \text{ N} \\ &= 58,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dipakai sengkang tertutup diameter 10 mm (2 kaki), maka jarak antar sengkang, s , adalah :

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{As \times fy \times d}{Vs} \\
 &= \frac{2(78,57) \times 240 \times 440,5}{58,73} \\
 &= 282,89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, tulangan sengkang yang terpasang Ø10-150 mm mencukupi untuk menahan gaya geser.

5. Tulangan Puntir

Momen ultimate

$$Tu = 0,48 \text{ kNm}$$

Luas penampang

$$\begin{aligned}
 Acp &= b \times h \\
 &= 300 \times 500 \\
 &= 150000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang

$$\begin{aligned}
 Pcp &= 2(b + h) \\
 &= 2(300 + 500) \\
 &= 1600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2, untuk nilai torsi maksimum boleh direduksi menjadi nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Tn &= \frac{\phi \times \sqrt{fc}}{3} \times \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\
 &= \frac{0,75 \times \sqrt{30}}{3} \times \left(\frac{150000^2}{1600} \right) \\
 &= 19255871,2 \text{ Nmm} \\
 &= 19,26 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$Tu < Tn$$

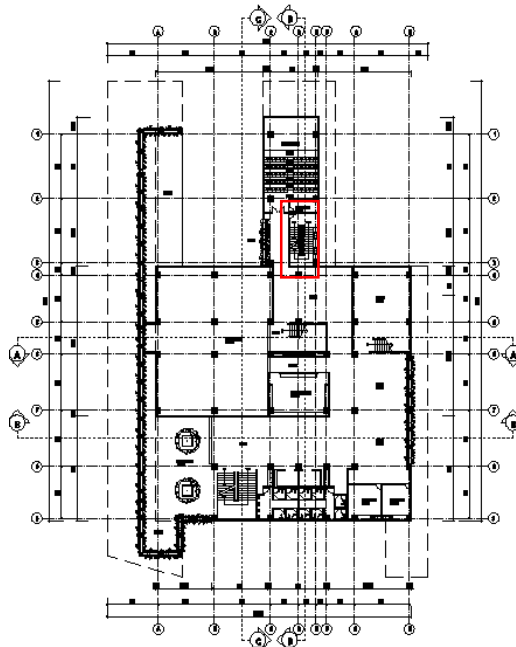
$$0,48 \text{ kNm} < 19,26 \text{ kNm} \text{ (Torsi diabaikan)}$$

5.1.3 Pelat Tangga

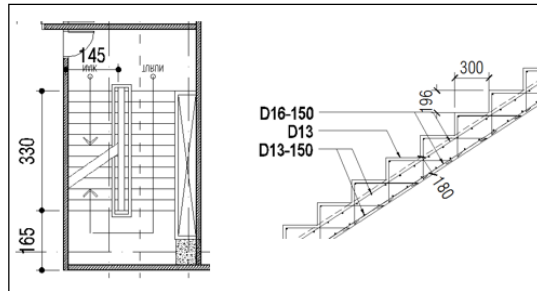
Spesifikasi teknik untuk pelat tangga dan pelat bordes yang ditinjau kekuatan struktur eksistingnya adalah sebagai berikut:

1. Data Eksisting

F_c	= 30	Mpa
$F_y \geq D13$	= 400	Mpa
$F_y < D13$	= 240	Mpa
Tebal decking	= 20	mm
Diameter sengkang	= 10	mm
Tebal plat tangga	= 180	mm
Tebal plat bordes	= 180	mm



Gambar 5. 7 Denah Lantai 2 elevasi + 4.50



Gambar 5. 8 Denah Tangga dan Detail Tulangan Eksisting Tangga

Tebal efektif tangga :

$$\text{Luas } \Delta 1 = 0,5 \times i \times t = 0,5 \times 300 \text{ mm} \times 196 \text{ mm} = 29400 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 2 &= 0,5 \times (i^2 \times t^2)^{0,5} \times d \\ &= 0,5 \times ((300 \text{ mm})^2 \times (196 \text{ mm})^2)^{0,5} \times d \\ &= 179,18 \text{ mm} \times d \end{aligned}$$

Persamaan :

$$\text{Luas } \Delta 1 = \text{Luas } \Delta 2$$

$$29400 \text{ mm}^2 = 179,18 \text{ mm} \times d$$

$$d = 29400 \text{ mm}^2 / 179,18 \text{ mm}$$

$$d = 164,08 \text{ mm}$$

$$0,5 d = 82,04 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal efektif tangga} &= 180 \text{ mm} + 82,04 \text{ mm} \\ &= 262,04 \text{ mm} \rightarrow 270 \text{ mm} \\ &= 27 \text{ cm} \end{aligned}$$

2. Pembebanan Tangga

Plat tangga dan plat bordes menerima kombinasi beban ultimate dari beban mati dan beban hidup.

a. Beban Mati

$$\text{Keramik} = 16,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t= 1 cm)} = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$= 37,5 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban Hidup

$$\text{Tangga} = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Bordes} = 240 \text{ kg/m}^2$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,4 \text{ DL} \\
 &= 1,4 \times 37,5 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 52,5 \text{ kg/m}^2 \\
 q_U &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= (1,2 \times 37,5) + (1,6 \times 240) \\
 &= 429 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai q_U paling besar yaitu :

$$q_U = 429 \text{ kg/m}^2$$

3. Permodelan Tangga

Untuk plat tangga dan plat bordes dimodelkan sebagai berikut menggunakan program bantu SAP 2000 v20.0.0 :



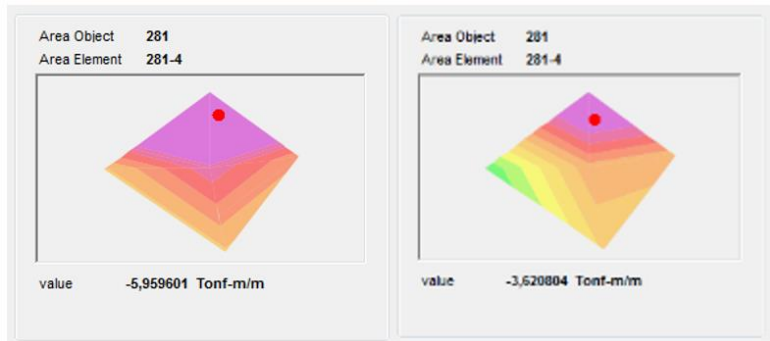
Gambar 5. 9 Permodelan Tangga

4. Analisis Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Untuk momen yang terjadi pada plat tangga dan plat bordes menggunakan program bantu SAP 2000 v20.0.0, didapatkan momen yang terjadi pada pelat adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 11 Momen Arah Memanjang dan Melintang pada Pelat Tangga



Gambar 5. 10 Momen Arah Memanjang dan Melintang pada Pelat Bordes

5. Perhitungan Tulangan Pelat Tangga

Tabel 5. 3 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga

Uraian	Pelat
Tebal (mm)	180
Lebar "b" (mm)	1000
Cover beton (mm)	20
Tebal efektif "d" (mm)	152

Tul. Memanjang	
Atas - Bawah	
<i>Momen Ultimate (Tm/m')</i>	3,85
Penulangan	D16 -150
Ast terpasang (mm^2/m')	1407,43
$f_v (N/mm^2)$	400
$T = Ast.f_y (N/m')$	562973,40
$a = T/(0,85f_c'.b) (mm)$	22,08
<i>Momen Kapasitas $=0,8.T.(d-a/2)$ (Tm/m')</i>	6,35
Cek	(OK)
Tul. Melintang	
Atas - Bawah	
<i>Momen Ultimate (Tm/m')</i>	2,68
Penulangan	D13 -150
Ast terpasang (mm^2/m')	929,13
$f_v (N/mm^2)$	400
$T = Ast.f_y (N/m')$	371650,41
$a = T/(0,85f_c'.b) (mm)$	14,57
<i>Momen Kapasitas $=0,8.T.(d-a/2)$ (Tm/m')</i>	3,83
Cek	(OK)

Jadi, tulangan pelat tangga yang terpasang mampu menahan gaya yang terjadi.

6. Perhitungan Tulangan Pelat Bordes

Tabel 5. 4 Perhitungan Tulangan Pelat Bordes

Uraian	Pelat
Tebal (mm)	180
Lebar "b" (mm)	1000
Cover beton (mm)	20
Tebal efektif "d" (mm)	152
Tul. Memanjang	
Atas - Bawah	
<i>Momen Ultimate (Tm/m')</i>	5,96
Penulangan	D16 -150
Ast terpasang (mm ² /m')	1407,43
f_y (N/mm ²)	400
$T = Ast.f_y$ (N/m')	562973,40
$a = T / (0,85f_c'.b)$ (mm)	22,08
<i>Momen Kapasitas = $0,8.T.(d-a/2)$ (Tm/m')</i>	6,35
Cek	(OK)
Tul. Melintang	
Atas - Bawah	
<i>Momen Ultimate (Tm/m')</i>	3,62
Penulangan	D13 -150
Ast terpasang (mm ² /m')	929,13
f_y (N/mm ²)	400
$T = Ast.f_y$ (N/m')	371650,41
$a = T / (0,85f_c'.b)$ (mm)	14,57
<i>Momen Kapasitas = $0,8.T.(d-a/2)$ (Tm/m')</i>	3,83
Cek	(OK)

Jadi, tulangan pelat bordes yang terpasang mampu menahan gaya yang terjadi.

5.2 Analisa Struktur Primer Eksisting

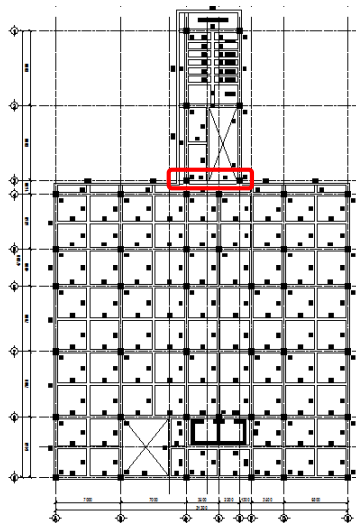
Analisa struktur eksisting dilakukan untuk mengetahui kemampuan struktur eksisting dalam memikul beban- beban yang terjadi pada bangunan.

5.2.1 Balok

Pada desain Gedung SMP 5 Muhamadiyah Surabaya, terdapat empat jenis balok, yaitu:

B1 = 400 x 600 mm ²	B7 = 400 x 700 mm ²
B2 = 400 x 600 mm ²	B8 = 400 x 700 mm ²
B3 = 400 x 600 mm ²	B9 = 200 x 450 mm ²
B4 = 400 x 600 mm ²	B10 = 250 x 400 mm ²
B5 = 400 x 600 mm ²	B11 = 250 x 400 mm ²
B6 = 300 x 500 mm ²	B12 = 450 x 600 mm ²

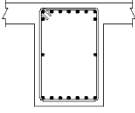
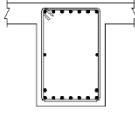
Berikut perhitungan kapasitas momen yang terjadi pada balok :



Gambar 5. 12 Denah Pembalokan Lantai 2 elev. +4.50

Data Eksisting

Data Eksisting	= B1 lantai 1 As 3 joint C-E
F_c	= 30 Mpa
$F_y \geq D13$	= 400 Mpa
$F_y < D13$	= 240 Mpa
Bentang	= 5700 mm
Lebar balok	= 400 mm
Tinggi balok	= 600 mm
Tebal decking	= 40 mm
Diameter lentur	= 19 mm
Diameter sengkang	= 10 mm
Jarak tulangan lapis	= 25 mm
Lebar kolom	= 600 mm
Tinggi kolom	= 600 mm
Tebal plat lantai	= 120 mm

NO. KODE	B-1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI		
DIMENSI	400 x 600	
PENAMPANG		
TULANGAN ATAS	9 D19	7 D19
TULANGAN TENGAH	2 D16	
TULANGAN BAWAH	7 D19	9 D19
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 150

Gambar 5. 13 Detail Tulangan Eksisting Balok Induk B1

Gaya Dalam

Kombinasi terbesar merupakan kombinasi



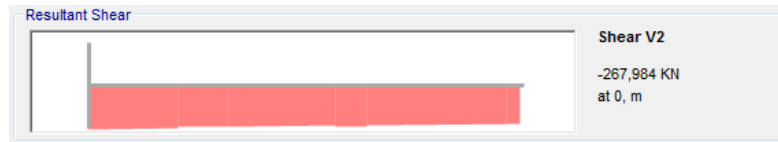
Gambar 5. 14 Momen Tumpuan yang Terjadi pada Balok Induk B1

Momen tumpuan tarik = 651,2 kNm (Komb. Envelope)
 Momen tumpuan tekan = 174,4 kNm (Komb. Envelope)



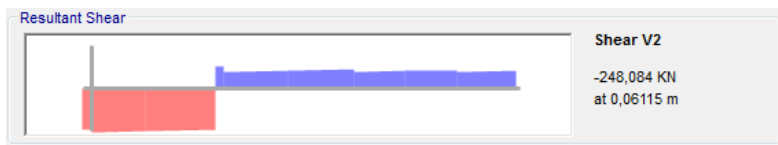
Gambar 5. 15 Momen Lapangan yang Terjadi pada Balok Induk B1

Momen lapangan tarik = 636,6 kNm (Komb. Envelope)
 Momen lapangan tekan = 155,4 kNm (Komb. Envelope)



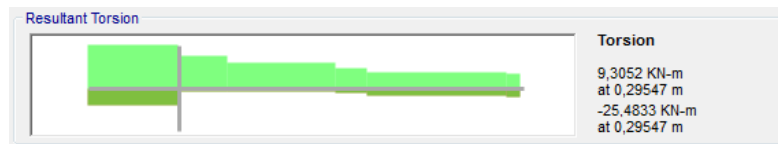
Gambar 5. 17 Gaya Geser Tumpuan yang Terjadi pada Balok Induk B1

Gaya geser tumpuan = 267,9 kN (Komb. 1,2D+1,0L)



Gambar 5. 16 Gaya Geser Tumpuan yang Terjadi pada Balok Induk B1

Gaya geser lapangan = 248,1 kN (Komb. 1,2D+1,0L)



Gambar 5. 18 Gaya Torsi Maksimum yang Terjadi pada Balok Induk B1

Gaya torsi = 25,48 kNm (Komb. Envelope)

Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Periksa persyaratan dimensi penampang untuk komponen lentur bagian SRPMK sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.5.1:

- a. $L_n > 4d$
 L_n = bentang bersih balok dari muka kolom ke muka kolom
 Ukuran kolom pendukung balok B1 adalah 600 x 600 mm².
 $L_n = 5700 - 600 = 5100$ mm
 Menggunakan 2 lapis tulangan simetris
 $d = 600\text{mm} - 40\text{mm} - 19\text{mm} - 10\text{mm} - (25\text{mm}/2) = 518,5$ mm
 $4d = 4 \times 518,5$ mm = 2074 mm
 $L_n = 5100$ mm $>$ $4d = 2074$ mm (OK)
- b. $b_w > 0,3h$ atau 250 mm
 b_w = lebar penampang
 $b_w = 400$ mm $>$ 250 mm (OK)
 $0,3h = 0,3 \times 600 = 180$ mm $<$ $b_w = 400$ mm (OK)
- c. Lebar penampang, b_w , tidak boleh melebihi lebar kolom pendukung ditambah jarak pada tiap sisi kolom yang sama atau lebih kecil dari nilai terkecil antara lebar kolom atau $\frac{3}{4}$ kali tinggi kolom. Ukuran kolom pendukung balok B1 adalah 600 x 600 mm², maka:
 $b_w = 400$ mm $<$ $600 + 2 \left(\frac{3}{4} \times 600 \right) = 1500$ mm (OK)

Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

c. Daerah Tumpuan

Tulangan Lentur Tarik

Berdasarkan data yang udah diperoleh dari struktur eksisting Tulangan Lentur Tarik pada balok B1 dipakai 9D19

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 9 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 2553 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2 lapis tulangan, dengan kombinasi 7D19 (lapis atas) dan 2D19 (lapis bawah). Spasi bersih antar lapis tulangan diambil 25 mm, jadi nilai d tetap seperti di awal:

$$d = 600\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - 19\text{mm} - 12,5\text{mm} = 518,5 \text{ mm}$$

Tinggi Blok Tegangan ersegi Ekvivalen

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2553 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} \\ &= 100,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times (f_c' - 28)/7) \\ &= 0,85 - (0,05 \times (30 - 28)/7) \\ &= 0,836 \\ c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{100,1 \text{ mm}}{0,836} \\ &= 119,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Regangan tarik

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) \\ &= 0,003 \times \left(\frac{518,5 \text{ mm} - 119,8 \text{ mm}}{119,8 \text{ mm}} \right) \\ &= 0,01 > 0,005 \end{aligned}$$

Dipakai $\phi = 0,9$

Momen nominal

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times a \right) \\ &= 0,9 \times 2553 \text{ mm}^2 \times 400 \times \left(518,5 - \frac{1}{2} \times 100,1 \right) \\ &= 430502641 \text{ Nmm} = 430,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$430,5 \text{ kNm} \geq 651,2 \text{ kNm (Tidak OK)}$$

Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan data yang udah diperoleh dari struktur eksisting
Tulangan Lentur Tarik pada balok B1 dipakai 7D19

$$As \text{ pakai} = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$As \text{ pakai} = 7 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$As \text{ pakai} = 1986 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1 lapis tulangan, jadi nilai d :

$$d = 600\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - (19\text{mm} / 2) = 540,4 \text{ mm}$$

Tinggi Blok Tegangan ersegi Ekvivalen

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1986 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} \\ &= 77,86 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times (f_c' - 28) / 7) \\ &= 0,85 - (0,05 \times (30 - 28) / 7) \\ &= 0,836 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{77,86 \text{ mm}}{0,836} \\ &= 93,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

Regangan tarik

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) \\ &= 0,003 \times \left(\frac{540,4 \text{ mm} - 93,17 \text{ mm}}{93,17 \text{ mm}} \right) \\ &= 0,014 > 0,005 \end{aligned}$$

Dipakai $\phi = 0,9$

Momen nominal

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times As \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times a \right) \\ &= 0,9 \times 1986 \text{ mm}^2 \times 400 \times \left(540,4 - \frac{1}{2} \times 77,86 \right) \end{aligned}$$

$$= 358511224 \text{ Nmm} = 358,5 \text{ kNm}$$

Kontrol

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$358,5 \text{ kNm} \geq 174,4 \text{ kNm (OK)}$$

d. Daerah Lapangan

Kontrol Pengaruh Balok T

$$L_n = 5700 - 600 = 5100 \text{ mm}$$

Momen terfaktor yang bekerja pada balok :

Mu lapangan =

Lebar efektif balok T, b_e , yang diambil dari nilai terkecil antara :

$$\text{d. } b_w + 2(L_n/2) = 400 + 2(5100/2) = 5500 \text{ mm}$$

$$\text{e. } b_w + 2(8 \text{ tf}) = 400 + (8 \times 120) = 2320 \text{ mm}$$

$$\text{f. } L/4 = 5700/4 = 1425 \text{ mm}$$

Diambil $b_e = 1425 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_e} \\ &= \frac{1986 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1425} \\ &= 28,1 \text{ mm} \\ c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{28,1 \text{ mm}}{0,836} \\ &= 33,62 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$c > t_f$$

33,62 mm > 120 mm (Balok T palsu)

Perhitungan dapat dilakukan seperti penampang balok persegi.

Tulangan Lentur Tarik

Berdasarkan data yang udah diperoleh dari struktur eksisting

Tulangan Lentur Tarik pada balok B1 dipakai 9D19

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 9 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

As pakai = 2553 mm²

Digunakan 2 lapis tulangan, dengan kombinasi 7D19 (lapis atas) dan 2D19 (lapis bawah). Spasi bersih antar lapis tulangan diambil 25 mm, jadi nilai d tetap seperti di awal:

$d = 600\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - 19\text{mm} - 12,5\text{mm} = 518,5\text{ mm}$

Tinggi Blok Tegangan ersegi Ekivalen

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2553 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} \\ &= 100,1\text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times (f_c' - 28)/7) \\ &= 0,85 - (0,05 \times (30 - 28)/7) \\ &= 0,836 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{100,1\text{ mm}}{0,836} \\ &= 119,8\text{ mm} \end{aligned}$$

Regangan tarik

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) \\ &= 0,003 \times \left(\frac{518,5\text{ mm} - 119,8\text{ mm}}{119,8\text{ mm}} \right) \\ &= 0,01 > 0,005 \end{aligned}$$

Dipakai $\phi = 0,9$

Momen nominal

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times a \right) \\ &= 0,9 \times 2553\text{ mm}^2 \times 400 \times \left(518,5 - \frac{1}{2} \times 100,1 \right) \\ &= 430502641\text{ Nmm} = 430,5\text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$430,5 \text{ kNm} \geq 636,6 \text{ kNm (Tidak OK)}$$

Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan data yang udah diperoleh dari struktur eksisting

Tulangan Lentur Tarik pada balok B1 dipakai 7D19

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 7 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 19^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 1986 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1 lapis tulangan, jadi nilai d :

$$d = 600\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - (19\text{mm} / 2) = 540,4 \text{ mm}$$

Tinggi Blok Tegangan ersegi Ekvivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{1986 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400}$$

$$= 77,86 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$\beta_1 = 0,85 - (0,05 \times (f_c' - 28) / 7)$$

$$= 0,85 - (0,05 \times (30 - 28) / 7)$$

$$= 0,836$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{77,86 \text{ mm}}{0,836}$$

$$= 93,17 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right)$$

$$= 0,003 \times \left(\frac{540,4 \text{ mm} - 93,17 \text{ mm}}{93,17 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,014 > 0,005$$

Dipakai $\phi = 0,9$

Momen nominal

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times a\right) \\ &= 0,9 \times 1986 \text{ mm}^2 \times 400 \times \left(540,4 - \frac{1}{2} \times 77,86\right) \\ &= 358511224 \text{ Nmm} = 358,5 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Kontrol

$$\phi M_n \geq M_u$$

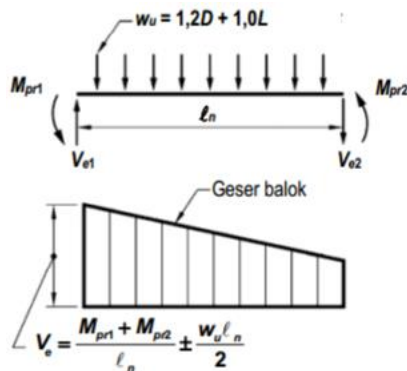
$$358,5 \text{ kNm} \geq 155,4 \text{ kNm (OK)}$$

Kontrol Tulangan Geser

a. Daerah Tumpuan

Menurut SNI-2847-2013 pasal 21.3.3.1 bahwa gaya geser rencana V_u harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen- momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum, M_n harus dianggap bekerja pada muka tumpuan dan komponen tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya.

Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan akibat beban gravitasi terfaktor.



Gambar 5. 19 Diagram Gaya Geser Balok

$$Vu1ki = \frac{Mpr^- + Mpr^+}{ln} + Vu$$

$$Vu1ka = \frac{Mpr^- + Mpr^+}{ln} - Vu$$

Nilai Mpr dihitung sebagai berikut :

Untuk tulangan 9D19 di sisi atas :

$$a = \frac{As \times 1,25 \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{2553 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400}$$

$$= 125,1 \text{ mm}$$

$$Mpr^- = As \times 1,25 \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2553 \times 1,25 \times 400 \left(518,5 - \frac{125,1}{2} \right)$$

$$= 581947994 \text{ Nmm} = 581,9 \text{ kNm}$$

Untuk tulangan 7D19 di sisi bawah :

$$a = \frac{As \times 1,25 \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{1986 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400}$$

$$= 97,33 \text{ mm}$$

$$Mpr^+ = As \times 1,25 \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1986 \times 1,25 \times 400 \left(540,5 - \frac{97,33}{2} \right)$$

$$= 488269975 \text{ Nmm} = 488,3 \text{ kNm}$$

Dengan qu merupakan beban akibat kombinasi 1,2D+1L. Sehingga qu x ln/2 dapat dianggap sebagai Vu akibat kombinasi 1,2D+1L pada SAP.

$Vu = 267,9 \text{ kN}$

$$Vu1ki = \frac{Mpr^- + Mpr^+}{ln} + Vu$$

$$= \frac{581,9 + 488,3}{5,1} + 267,9$$

$$\begin{aligned}
 &= 477,7 \text{ kN} \\
 Vu1ka &= \frac{Mpr^- + Mpr^+}{ln} - Vu \\
 &= \frac{581,9 + 488,3}{5,1} - 267,9 \\
 &= -58,1 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai $Vu1 = 477,7 \text{ kN}$

Syarat Kuat Tekan Beton

Nilai \sqrt{fc} yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa.

$$\sqrt{fc} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,477 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi})$$

Kuat Geser Beton

Tulangan geser khusus untuk daerah yang berpotensi membentuk sendi plastis (yaitu di sepanjang $2h$ dari muka kolom), harus dirancang untuk menahan kuat geser perlu dengan menganggap kontribusi penampang beton dalam menahan geser ($V = 0$), bila :

$$\begin{aligned}
 V_{sway} &> \frac{1}{2} \times Vu \\
 \frac{Mpr^- + Mpr^+}{ln} &> \frac{1}{2} \times 267,9 \\
 \frac{581,9 + 488,3}{5,1} &> 134 \text{ kN} \\
 209,8 \text{ kN} &> 134 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vc &= 0,17\lambda\sqrt{fc'} \times bw \times d \\
 &= 0,17(1)\sqrt{30} \times 400 \times 518,5 \\
 &= 193116,019 \text{ N} \\
 &= 193,116 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 Vs_{min} &= \frac{1}{3} \times bw \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 400 \times 518,5 \\
 &= 69133,3 \text{ N} \\
 &= 69,13 \text{ kN} \\
 Vs_{max} &= \frac{2}{3} \sqrt{f_c} \times bw \times d \\
 &= \frac{2}{3} \sqrt{30} \times 400 \times 518,5 \\
 &= 757317,72 \text{ N} \\
 &= 757,318 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vs &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \times bw \times d \\
 &= \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 400 \times 518,5 \\
 &= 378658,86 \text{ N} \\
 &= 378,66 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$$\begin{aligned}
 Va \leq 0,5\varphi V_c &\rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser} \\
 477,7 \text{ kN} > 75,491 \text{ kN} &\quad \textbf{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$\begin{aligned}
 0,5\varphi V_c \leq Va \leq \varphi V_c &\rightarrow \text{perlu tulangan geser} \\
 75,491 \text{ kN} < 477,7 \text{ kN} > 150,982 \text{ kN} &\quad \textbf{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 3

$$\begin{aligned}
 \varphi V_c \leq Va \leq \varphi (V_c + Vs_{min}) &\rightarrow \text{perlu tulangan geser} \\
 150,982 \text{ kN} < 477,7 \text{ kN} > 202,832 \text{ kN} &\quad \textbf{(tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s\text{mid}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s\text{max}}) \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

$$202,832 \text{ kN} < 477,7 \text{ kN} < 718,970 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s\text{max}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s\text{max}}) \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

$$718,970 \text{ kN} < 477,7 \text{ kN} < 1286,959 \text{ kN} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Perhitungan tulangan geser masuk kondisi 4.

V_c dapat diambil sama dengan nol. Maka:

$$V_u = \phi V_s + \phi V_c$$

$$V_u = \phi V_s + 0$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{477,7}{0,75} \\ &= 637 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_s &< \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d \\ 637 \text{ kN} &< \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 400 \times 518,5 \end{aligned}$$

$$637 \text{ kN} < 757,318 \text{ kN} \quad (\text{OK, penampang mencukupi})$$

Dipakai sengkang tertutup diameter 10 mm (2 kaki), maka jarak antar sengkang, s , adalah :

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_s \times f_y \times d}{V_s} \\ &= \frac{2(78,57) \times 240 \times 518,5}{637} \\ &= 51,16 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak maksimum sengkang tertutup sepanjang $2h$ ($2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$) tidak boleh melebihi nilai terkecil dari:

- $d/4 = 518,5/4 = 129,6 \text{ mm}$

- $6db = 6(19) = 114 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka, tulangan sengkang yang terpasang $\varnothing 10$ -100 mm hingga sepanjang 1200 mm dari muka tumpuan tidak mencukupi untuk menahan gaya geser. Sehingga diperlukan perkuatan struktur

Daerah Lapangan

Pada jarak 1200 mm dari muka tumpuan hingga ke bagian lapangan, bekerja gaya geser sebesar:

$$\begin{aligned} \frac{Vu2}{\frac{1}{4}ln} &= \frac{Vu1}{\frac{1}{2}ln} \\ Vu2 &= \frac{Vu1 \times \frac{1}{4}ln}{\frac{1}{2}ln} \\ &= \frac{477,7 \times \frac{1}{4}(5,1m)}{\frac{1}{2}(5,1m)} \end{aligned}$$

$$= 238,9 \text{ kN}$$

Cek kondisi :

Kondisi 1

$$Va \leq 0,5\phi Vc \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$$

$$238,9 \text{ kN} > 75,491 \text{ kN} \quad \textbf{(tidak memenuhi)}$$

Kondisi 2

$$0,5\phi Vc \leq Va \leq \phi Vc \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

$$75,491 \text{ kN} < 238,9 \text{ kN} > 150,982 \text{ kN} \quad \textbf{(tidak memenuhi)}$$

Kondisi 3

$$\phi Vc \leq Va \leq \phi(Vc + Vs_{min}) \rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

$$150,982 \text{ kN} < 238,9 \text{ kN} > 202,832 \text{ kN} \quad \textbf{(tidak memenuhi)}$$

Kondisi 4

$\phi(Vc + Vs_{mid}) \leq Va \leq \phi(Vc + Vs_{max}) \rightarrow$ *perlu tulangan geser*

202,832 kN < 238,9 kN < 718,970 kN **(memenuhi)**

Kondisi 5

$\phi(Vc + Vs_{max}) \leq Va \leq \phi(Vc + 2Vs_{max}) \rightarrow$ *perlu tulangan geser*

718,970 kN < 238,9 kN < 1286,959 kN **(tidak memenuhi)**

Perhitungan tulangan geser masuk kondisi 4.

$$Vu = \phi Vs + \phi Vc$$

$$\begin{aligned} Vs &= \frac{Vu}{\phi} - Vc \\ &= \frac{238,9}{0,75} - 193,116 \\ &= 125,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} Vs &< \frac{1}{3} \sqrt{fc} \times bw \times d \\ 125,4 \text{ kN} &< \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 400 \times 518,5 \end{aligned}$$

$$125,4 \text{ kN} < 378658,86 \text{ N}$$

125,4 kN < 378,66 kN (OK, penampang mencukupi)

Dipakai sengkang tertutup diameter 10 mm (2 kaki), maka jarak antar sengkang, s, adalah :

$$\begin{aligned} s &= \frac{As \times fy \times d}{Vs} \\ &= \frac{2(78,57) \times 240 \times 518,5}{125,4} \\ &= 259,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak maksimum sengkang tertutup boleh melebihi nilai terkecil dari:

- $d/2 = 518,5/2 = 259,9 \text{ mm}$
- $\frac{As \times fy}{0,35 \times bw} = \frac{2(78,57) \times 400}{0,35 \times 400} = 449 \text{ mm}$

- 600 mm

Maka, tulangan sengkang yang terpasang Ø10-150 mm mencukupi untuk menahan gaya geser.

Tulangan Puntir

Momen ultimate

$$T_u = 25,48 \text{ kNm}$$

Luas penampang

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400 \times 600 \\ &= 240000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2(b + h) \\ &= 2(400 + 600) \\ &= 2000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2, untuk nilai torsi maksimum boleh direduksi menjadi nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{\phi \times \sqrt{f_c}}{3} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= \frac{0,75 \times \sqrt{30}}{3} \times \left(\frac{240000^2}{2000} \right) \\ &= 39436024,1 \text{ Nmm} \\ &= 39,44 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$T_u < T_n$$

$$25,48 \text{ kNm} < 39,44 \text{ kNm} \text{ (Torsi diabaikan)}$$

5.2.2 Kolom

Pada desain Gedung SMP 5 Muhamadiyah Surabaya, terdapat empat jenis kolom, yaitu:

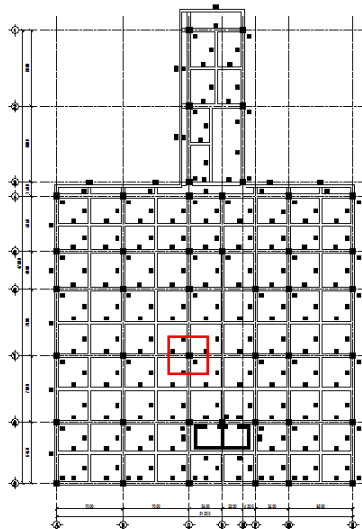
$$K0 = 600 \times 600 \text{ mm}^2$$

$$K1 = 600 \times 600 \text{ mm}^2$$

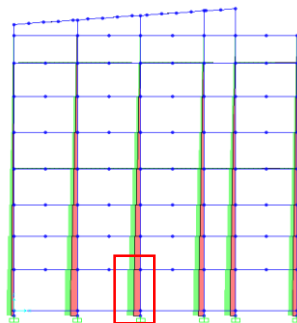
$$K2 = 600 \times 600 \text{ mm}^2$$

$$K3 = 600 \times 600 \text{ mm}^2$$

Kolom- kolom diatas memiliki dimensi yang sama namun dengan kebutuhan tulangan yang berbeda.



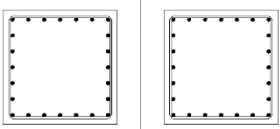
Gambar 5. 20 Denah Kolom Lantai 1



Gambar 5. 21 Portal Kolom yang Tinjau

Data Eksisting

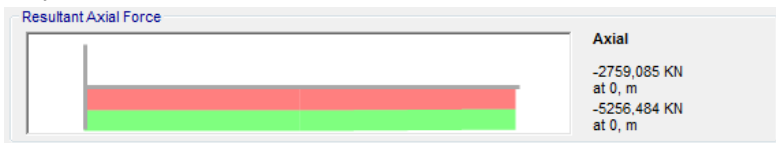
Data Eksisting	= K1 Lantai 1
F_c	= 30 Mpa
$F_y \geq D13$	= 400 Mpa
$F_y < D13$	= 240 Mpa
Bentang	= 5700 mm
Lebar kolom	= 600 mm
Tinggi kolom	= 600 mm
Tebal decking	= 40 mm
Diameter lentur	= 19 mm
Diameter sengkang	= 12 mm
Jarak tulangan lapis	= 25 mm
Lebar balok	= 400 mm
Tinggi balok	= 600 mm
Tebal plat lantai	= 120 mm

NO. KODE	K-1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	600 x 600	
PENAMPANG		
TULANGAN UTAMA	24 D19	
SENGKANG	ø12 - 200	ø12 - 200

Gambar 5. 22 Detail Tulangan Eksisting Kolom K1

Dari hasil analisis struktur yang telah dilakukan, didapat gaya aksial maksimal yang dipikul kolom akibat kombinasi Envelope, yaitu:

1. Gaya dalam lantai 1

**Gambar 5. 23** Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom K1 Lantai 1

$$P_u = 5256,48 \text{ kN}$$

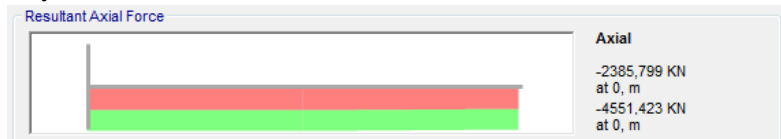


Gambar 5. 24 Momen Arah X yang Terjadi pada Kolom K1 Lantai 1
 $M_{ux} = 259,48 \text{ kNm}$



Gambar 5. 25 Momen Arah Y yang Terjadi pada Kolom K1 Lantai 1
 $M_{uy} = 156,80 \text{ kNm}$

2. Gaya dalam atas lantai 1



Gambar 5. 26 Gaya Aksial yang Terjadi pada Kolom di Atas Lantai 1
 $P_u = 4551,43 \text{ kN}$



Gambar 5. 27 Momen Arah X yang Terjadi pada Kolom di Atas Lantai 1
 $M_{ux} = 255,21 \text{ kNm}$



Gambar 5. 28 Momen Arah Y yang Terjadi pada Kolom di Atas Lantai 1
 $M_{uy} = 127,85 \text{ kNm}$

Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Dilakukan kontrol persyaratan komponen pemikul lentur dan gaya aksial berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.

$$P_u > \frac{A_g \times f_c}{10}$$

$$5256,48 \text{ kN} > \frac{(600 \times 600) \times 30 \times 10^{-3}}{10}$$

$$5256,48 \text{ kN} > 1080 \text{ kN (OK)}$$

Karena $P_u > A_g f'_c / 10$, maka komponen struktur tersebut didesain sebagai komponen struktur yang pemikul beban aksial dan lentur.

Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

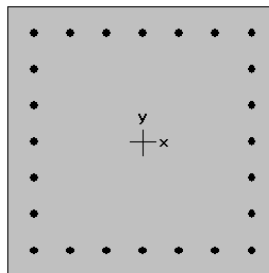
Pada keadaan eksisting, tulangan longitudinal pada kolom K1 dipasang menggunakan tulangan 24D19. Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu spColumn v4.81, tulangan tersebut mampu menahan gaya aksial dan momen pada kolom K1. Maka:

$$\rho = \frac{A_s}{b \times h}$$

$$= \frac{24(0,25 \times \pi \times 19^2)}{600 \times 600}$$

$$= 0,0189$$

$$= 1,89 \%$$

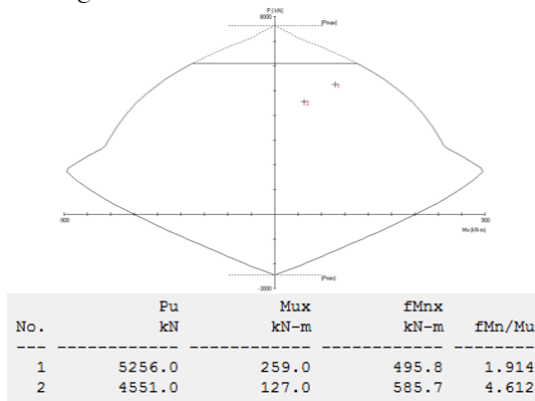


600 × 600 mm
1.89% reinf.

Gambar 5. 29 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program spColumn

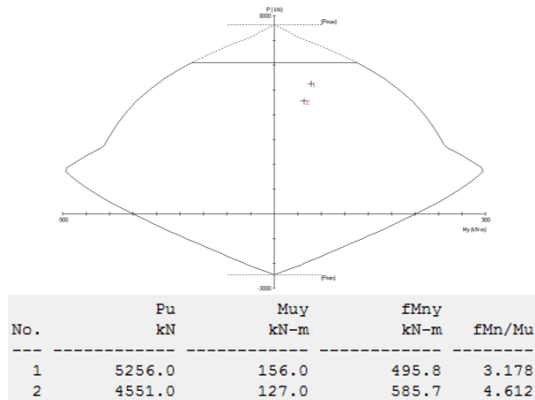
Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.1 batasan rasio tulangan komponen struktur tekan diijinkan dari 1% - 6%, sehingga persyaratan ini sudah terpenuhi. Diagram interaksi penampang kolom ini ditunjukkan dalam gambar di bawah.

- Diagram Interaksi K1 Arah X



Gambar 5. 30 Diagram Interaksi Kolom Arah X

- Diagram Interaksi K1 Arah Y



Gambar 5. 31 Diagram Interaksi Kolom Arah Y

- Perhitungan Kapasitas Beban Aksial

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}] \\ &= 0,8 \times 0,85 \times [0,85 \times 30 \times (600 \times 600 - 6807,43) \\ &\quad + 40 \times 6807,43] \\ &= 6099278,6 \text{ N} \\ &= 6099,28 \text{ kN}\end{aligned}$$
- Kontrol

$$P_u < \phi P_n$$

$$5256,48 \text{ kN} < 6099,28 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

Cek syarat “Strong Kolom Weak Beam”

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan kolom harus memenuhi nilai $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \times \Sigma M_{nb}$, dimana perhitungannya sebagai berikut :

Untuk Arah X

a. Menentukan nilai ΣM_{nb}

- Menentukan lebar efektif balok

$$\begin{aligned}\text{Lebar balok (bw)} &= 400 \text{ mm} \\ \text{Tinggi balok (hw)} &= 600 \text{ mm} \\ \text{Tebal pelat (hf)} &= 120 \text{ mm} \\ \text{be} &= bw + 8 hf = 400 + 8 \times 120 = 1360 \text{ mm} \\ &= bw + 2 hw = 400 + 2 \times 600 = 1600 \text{ mm} \\ \text{Dipilih nilai terkecil, maka be} &= 1360 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Menghitung tinggi efektif

$$\begin{aligned}\text{As tulangan lentur atas balok} &= 9 \text{ D19} = 2552 \text{ mm}^2 \\ \text{As tulangan lentur bawah balok} &= 7 \text{ D19} = 1985 \text{ mm}^2 \\ \text{Luas tulangan atas (As tarik)} &= \text{As tarik balok (9 D19)} + \text{As pelat (Ø10-150)} \\ &= 2552 + 2 \times 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 2552 + 628,32 \\ &= 3180,32 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$y = \frac{2552 \left(40 + 10 + 19 + \frac{25}{2} \right) + 628,32 \left(19 + \frac{10}{2} \right) + 628,32 \left(120 - 19 - \frac{10}{2} \right)}{3180,32}$$

$$y = 74,84 \text{ mm}$$

$$d \text{ tekan} = h - y = 600 - 74,84 = 525,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d \text{ tarik} &= h - \text{decking} - \text{senggang} - d \text{ lentur} - \text{spasi}/2 \\ &= 600 - 40 - 10 - 19 - 25/2 \\ &= 518,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menentukan Mnb^- dan Mnb^+

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\ &= \frac{2552 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mnb^- &= As \times fy \times \left(d - \frac{1}{2}a \right) \\ &= 2552 \times 400 \times \left(518,5 - \frac{1}{2}100 \right) \\ &= 478164370,89 \text{ Nmm} \\ &= 478,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \\ &= \frac{1984,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} \\ &= 77,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mnb^+ &= As \times fy \times \left(d - \frac{1}{2}a \right) \\ &= 1984,7 \times 400 \times \left(525,2 - \frac{1}{2}77,8 \right) \\ &= 386016051,18 \text{ Nmm} \\ &= 386 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}\Sigma Mnb &= Mnb^- + Mnb^+ \\ &= 478,2 + 386 \\ &= 864,18 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$1,2 \times \Sigma Mnb = 1,2 \times 864,18 = 1037,02 \text{ kNm}$$

- b. Menentukan nilai ΣMnc

Untuk menentukan nilai Mnc , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah (yang ditinjau) dengan program bantu SpColoumn. Untuk gaya-gaya kolom atas yang terjadi adalah sebagai berikut:

Pu kolom atas = 4551,42 kN

Pu kolom desain = 5256,48 kN

No.	Pu kN	Mux kN-m	fMnx kN-m	fMn/Mu
1	5256.0	259.0	495.8	1.914
2	4551.0	127.0	585.7	4.612

Gambar 5. 32 Output Diagram Interaksi Kolom Arah X

Dari gambar diatas, didapatkan nilai Mnc kolom design dan Mnc kolom atas yakni:

Mnc kolom desain = 495,8 kNm

Mnc kolom atas = 585,7 kNm

$$\begin{aligned}\Sigma Mnc &= Mnc_{desain} + Mnc_{atas} \\ &= 495,8 + 585,7 \\ &= 1081,5 \text{ kNm}\end{aligned}$$

- Kontrol

$$\Sigma Mnc \geq 1,2 \times \Sigma Mnb$$

$$1081,5 \text{ kNm} \geq 1037,02 \text{ kNm} \text{ (OK)}$$

Untuk Arah Y

- a. Menentukan nilai ΣMnb

- Menentukan lebar efektif balok

Lebar balok (bw) = 400 mm

Tinggi balok (hw) = 600 mm

Tebal pelat (hf) = 120 mm

be = bw + 8 hf = 400 + 8 x 120 = 1360 mm

$$= b_w + 2 h_w = 400 + 2 \times 600 = 1600 \text{ mm}$$

Dipilih nilai terkecil, maka $b_e = 1360 \text{ mm}$

- Menghitung tinggi efektif

$$\text{As tulangan lentur atas balok} = 9 \text{ D19} = 2552 \text{ mm}^2$$

$$\text{As tulangan lentur bawah balok} = 7 \text{ D19} = 1985 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan atas (As tarik)

$$= \text{As tarik balok (9 D19)} + \text{As pelat } (\varnothing 10-150)$$

$$= 2552 + 2 \times 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 2552 + 628,32$$

$$= 3180,32 \text{ mm}^2$$

$$y = \frac{2552 \left(40 + 10 + 19 + \frac{25}{2} \right) + 628,32 \left(19 + \frac{10}{2} \right) + 628,32 \left(120 - 19 - \frac{10}{2} \right)}{3180,32}$$

$$y = 74,84 \text{ mm}$$

$$d \text{ tekan} = h - y = 600 - 74,84 = 525,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d \text{ tarik} &= h - \text{decking} - \text{senggang} - d \text{ lentur} - \text{spasi}/2 \\ &= 600 - 40 - 10 - 19 - 25/2 \\ &= 518,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menentukan M_{nb}^- dan M_{nb}^+

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2552 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nb}^- &= A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} a \right) \\ &= 2552 \times 400 \times \left(518,5 - \frac{1}{2} 100 \right) \\ &= 478164370,89 \text{ Nmm} \\ &= 478,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{1984,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} \\
 &= 77,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mnb^+ &= A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2}a\right) \\
 &= 1984,7 \times 400 \times \left(525,2 - \frac{1}{2}77,8\right) \\
 &= 386016051,18 \text{ Nmm} \\
 &= 386 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \Sigma Mnb &= Mnb^- + Mnb^+ \\
 &= 478,2 + 386 \\
 &= 864,18 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$1,2 \times \Sigma Mnb = 1,2 \times 864,18 = 1037,02 \text{ kNm}$$

- b. Menentukan nilai ΣMnc

Untuk menentukan nilai Mnc , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah (yang ditinjau) dengan program bantu SpColoumn. Untuk gaya-gaya kolom atas yang terjadi adalah sebagai berikut:

Pu kolom atas = 4551,42 kN

Pu kolom desain = 5256 kN

No.	Pu kN	Muy kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	5256.0	156.0	495.8	3.178
2	4551.0	127.0	585.7	4.612

Gambar 5. 33 Output Diagram Interaksi Kolom Arah Y

Dari gambar diatas, didapatkan nilai Mnc kolom design dan Mnc kolom atas yakni:

Mnc kolom desain = 495,8 kNm

Mnc kolom atas = 585,7 kNm

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_{nc} &= M_{nc \text{ desain}} + M_{nc \text{ atas}} \\
 &= 495,8 + 585,7 \\
 &= 1081,5 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

- Kontrol

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_{nc} &\geq 1,2 \Sigma M_{nb} \\
 1081,5 \text{ kNm} &\geq 1037,02 \text{ kNm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Confinement

a. Luas Tulangan *Confinement*

Berdasarkan SNI Pasal 21.6.4.4, Total luas penampang hoops tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara:

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{sbc \times f_{c'}}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \times sbc \times f_{c'}}{f_{yt}}$$

$$\begin{aligned}
 Bc &= bw - 2(\text{decking} + 1,2db) \\
 &= 600 - 2(40 + 1,2 \times 19) \\
 &= 474,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{ch} &= (bw - 2(\text{decking})) \times (bw - 2(\text{decking})) \\
 &= (600 - 2(40)) \times (600 - 2(40)) \\
 &= 270400 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{sh}}{s} &= 0,3 \left(\frac{bc \times f_{c'}}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\
 &= 0,3 \left(\frac{474,4 \times 30}{240} \right) \left(\frac{360000}{270400} - 1 \right) \\
 &= 5,89 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,09 \times bc \times f_{c'}}{f_{yt}}$$

$$= \frac{0,09 \times 474,4 \times 30}{240}$$

$$= 5,337 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jadi diambil nilai yang terbesar yaitu 5,89 mm²/mm

Digunakan sengkang hoops 2 Ø12 - 200

$$\text{As} = 2 \times 0,25 \times \pi \times 12^2$$

$$= 226,19 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash} = 5,89 \times 200$$

$$= 1179 \text{ mm}^2$$

- Kontrol

$$\text{As} > \text{Ash}$$

$$226,19 \text{ mm}^2 > 1179 \text{ mm}^2 \text{ (Not Ok)}$$

Maka, tulangan confinement yang terpasang Ø12-100 mm tidak mencukupi untuk menahan gaya geser pada bentang kolom sepanjang (lo)

b. Daerah Pemasangan Tulangan *Confinement*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi Lo di masing-masing ujung kolom) diberi *hoop* dengan spasi minimum yakni:

1. Tinggi elemen kolom, h, di joint = 600 mm
2. 1/6 tinggi bersih kolom = 650 mm
3. 450 mm

Sehingga diambil nilai lo terbesar = 650 mm

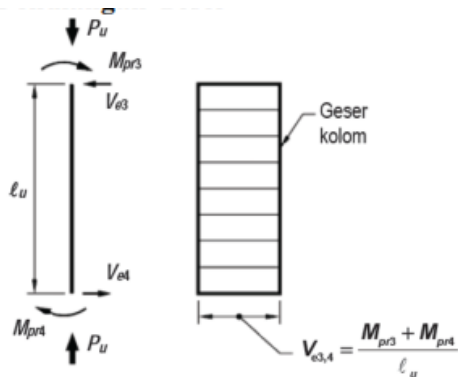
c. Spasi Maksimum Tulangan *Confinement*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.3, nilai Smax merupakan nilai terbesar dari :

1. S pakai $\leq h/4$
 $100 \text{ mm} \leq 600/4$
 $100 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm (OK)}$
2. S pakai $\leq 6db$ lentur
 $100 \text{ mm} \leq 6(19)$
 $100 \text{ mm} \leq 114 \text{ mm (OK)}$
3. S pakai $\leq S_o$

$$\begin{aligned}
 S_o &= 100 + \frac{350 - hx}{3} \\
 &= 100 + \frac{350 - 2/3 \left[600 - 2 \left(40 + \frac{12}{2} \right) \right]}{3} \\
 &= 100 + \frac{350 - 165,33}{3} \\
 &= 162 \text{ mm} \\
 S \text{ pakai} &\leq S_o \\
 100 \text{ mm} &\leq 162 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Geser



Gambar 5. 34 Diagram Gaya Geser Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.1, gaya geser desain yang digunakan tidak perlu lebih besar dari nilai berikut:

- a. Hitung V_{sway}
 V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan M_{pr} balok.
- $$V_{sway} = \frac{M_{pr}^{atas} \times DF^{atas} + M_{pr}^{bawah} \times DF^{bawah}}{l_n}$$
- DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain.

DF atas = DF bawah = 0,5

Mpr^{atas} dan Mpr^{bawah} adalah penjumlahan Mpr untuk masing-masing balok di lantai atas dan lantai bawah di muka kolom interior.

$Mpr^+ = 386 \text{ kNm}$

$Mpr^- = 478,2 \text{ kNm}$

$Mpr^{atas} = Mpr^{bawah} = 386 + 478,2 = 864,2 \text{ kNm}$

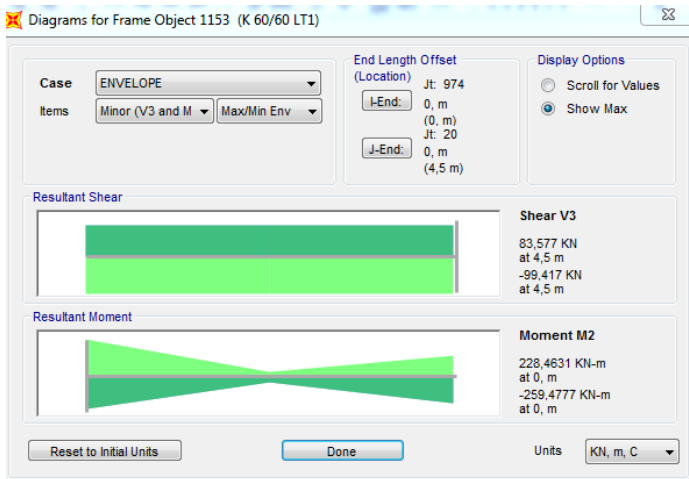
$$V_{sway} = \frac{Mpr^{atas} \times DF^{atas} + Mpr^{bawah} \times DF^{bawah}}{ln}$$

$$= \frac{864,2 \times 0,5 + 864,2 \times 0,5}{3,9}$$

$$= 222 \text{ kN}$$

- b. Hitung V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v20.0.0. Dari program SAP 2000 v20.0.0, didapatkan gaya geser maksimum pada kolom yang ditinjau yakni sebesar:

$V_u = 99,417 \text{ kN}$



Gambar 5. 35 Gaya Geser Maksimum pada Kolom K1

- c. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2, kontribusi beton akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila:

- Nilai V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} , sehingga digunakan nilai $V_e = 222 \text{ kN}$
- Nilai V_u harus lebih besar dari V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur dimana
 $222 \text{ kN} > 99,417 \text{ kN}$ (memenuhi)

Dikarenakan gaya aksial terfaktor lebih besar dibandingkan $0,05 A_g \times F_c$; sehingga V_c boleh diperhitungkan:

$$d = 600 - 40 - 12 - 19/2 = 538,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 600 \times 538,6 \\ &= 294948,6 \text{ N} \\ &= 294,95 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana.

- Cek apakah dibutuhkan tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_u &< \frac{1}{2} \times \phi \times V_c \\ 222 \text{ kN} &< \frac{1}{2} \times 0,75 \times 294,95 \end{aligned}$$

$$222 \text{ kN} < 110,6 \text{ kN} \quad (\text{perlu tulangan geser})$$

- Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi \times V_c + \frac{1}{3} \times b_w \times d \\ 222 \text{ kN} &< 0,75 \times 249,95 + \frac{1}{3} \times 600 \times 538,6 \\ 222 \text{ kN} &< 301,99 \text{ kN} \quad (\text{perlu tulangan geser minimum}) \end{aligned}$$

Sehingga memakai tulangan geser

Dipakai tulangan geser dengan spesifikasi sebagai berikut :
 $2 \text{ } \emptyset 12 - 200$

$$\begin{aligned} A_s &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\
 &= \frac{226,19 \times 240 \times 538,5 \times 10^{-3}}{200} \\
 &= 146,167 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tulangan geser minimum untuk kolom

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ min} &= \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\
 &= \frac{600 \times 200}{3 \times 240} \\
 &= 166,67 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ analisis} &= V_u - V_c \\
 &= 222 - 294,95 \\
 &= 73,4 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 A_s &> A_v \text{ min} \\
 226,19 \text{ mm}^2 &> 166,67 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &> V_s \text{ analisis} \\
 292,334 \text{ kN} &> 73,4 \text{ kN} \text{ (Ok)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI pers. 11.2.1.2 memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d \\
 &= 0,17 \times \left(1 + \frac{5256 \times 1000}{14 \times 360000} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 600 \\
 &\quad \times 538,5 \\
 &= 614588,6 \text{ N} \\
 &= 614,588 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &> V_u \\
 460,9 \text{ kN} &> 222 \text{ kN} \text{ (Ok)}
 \end{aligned}$$

Spasi Tulangan

Diluar panjang lo, spasi tulangan harus memenuhi pasal 11.4.5.1, maka :

$$d/2 > S$$

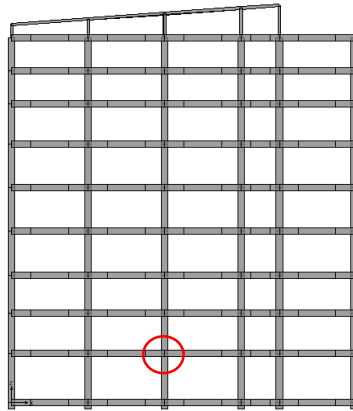
$$538,5/2 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

$$269,25 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \text{ (Ok)}$$

Maka, tulangan sengkang yang terpasang Ø12-200 mm mencukupi untuk menahan gaya geser pada bentang kolom luar (lo).

Kontrol Hubungan Balok Kolom

Pada penulangan perhitungan desain dan detail penulangan hubungan balok-kolom, yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom yang telah di desain sebelumnya.



Gambar 5. 36 Hubungan Balok Kolom yang Ditinjau

a. Cek Syarat Panjang Joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar berdasarkan (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.2.3).

$$B = h = 600 \text{ mm}$$

$$24.d_b = 24 \times 19 = 456 \text{ mm} < 600 \text{ mm (OK)}$$

b. Tentukan Luas Efektif Joint, A_j

A_j merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1:

Lebar balok, $b = 400 \text{ mm}$

Tinggi kolom, $h = 600 \text{ mm}$

$$x = (600\text{mm} - 400\text{mm})/2 = 100 \text{ mm}$$

Tinggi joint = tinggi keseluruhan kolom, $h = 600 \text{ mm}$

Lebar joint efektif merupakan nilai yang terkecil dari:

- $b + h = 400 \text{ mm} + 600 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$
- $b + 2x = 400 + 2 \cdot 100 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$

Maka lebar efektif joint dipakai sebesar $b = 600 \text{ mm}$

Maka $A_j = \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint}$

$$A_j = 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$A_j = 360000 \text{ mm}^2$$

c. Hitung Tulangan Tranversal untuk Confinement

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan confinement yang dibutuhkan di ujung- ujung kolom. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2, spasi vertikal tulangan confinement diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

$$\frac{A_{sh}}{s}_{joint} = 0,5 \times \frac{A_{sh}}{s} = 0,5 \times \frac{1179 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm}}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 2,947 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sh} = 2,947 \text{ mm}^2/\text{mm} \times S$$

$$= 2,947 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$= 442,1 \text{ mm}^2$$

Sengkang yang digunakan 2 kaki $\emptyset 12 = 226 \text{ mm}^2$

Kontrol:

$$A_{sh} < A_s \text{ Perlu}$$

$$442,1 \text{ mm}^2 < 226 \text{ mm}^2 \text{ (Tidak OK)}$$

Dari hasil analisa maka sengkang yang digunakan 2 kaki $\emptyset 12$ tidak cukup menahan gaya yang terjadi.

d. Hitung Gaya Geser pada Joint

- Hitung M_e

Balok yang memasuki joint, memiliki:

$$M_{pr}^+ = 478,2 \text{ kNm}$$

$$M_{pr}^- = 386,0 \text{ kNm}$$

Karena kekakuan antara kolom atas dengan bawah sama, maka nilai DF adalah sama yakni $DF = 0,5$. Sehingga:

$$M_e = 0,5 \times (478,2 + 386,0) = 432,10 \text{ kNm}$$

- Hitung geser pada kolom atas

$$V_{sway} = \frac{M_e + M_e}{l_u} = \frac{432,1 + 432,1}{4,5}$$

$$= 192,04 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya- gaya pada tulangan balok longitudinal

- Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri

Jika terdapat 9D19 dengan $A_s = 2551,76 \text{ mm}^2$

$$T1 = 1,25 \times A_s \times f_y = 1,25 \times 2551,76 \times 400$$

$$= 1275879,3 \text{ N} = 1275,879 \text{ kN}$$

- Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C1 = T1 = 1275,879 \text{ kN}$$

- Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan

Jika terdapat 7D19 dengan $A_s = 1984,7 \text{ mm}^2$

$$T2 = 1,25 \times A_s \times f_y = 1,25 \times 1984,7 \times 400$$

$$= 992350,58 \text{ N} = 992,350 \text{ kN}$$

- Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C2 = T2 = 992,350 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya geser pada joint

$$V_j = V_{sway} - T1 - C2$$

$$= 192,04 - 1275,879 - 992,350 = 2076,19 \text{ kN}$$

e. Cek Kuat Geser Joint

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1, untuk kuat geser joint yang dikeang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{f_c} \times A_j = 1,7 \times \sqrt{30} \times 360000$$

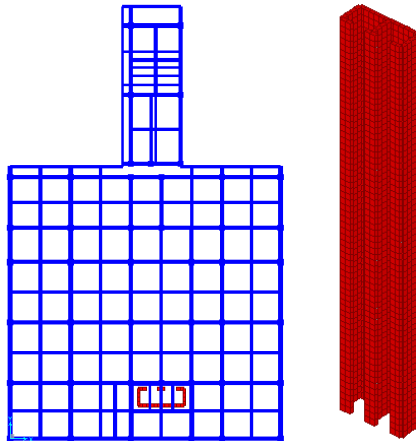
$$= 3352062,05 \text{ N} = 3352,062 \text{ kN} > 2076,19 \text{ kN (OK)}$$

5.2.3 Dinding Geser

Pada bangunan yang ditinjau, terdapat satu shearwall yang bekerja menahan gaya lateral yaitu pada bagian daerah lift.

Data Eksisting

F_c	= 30	Mpa
$F_y \geq D13$	= 400	Mpa
$F_y < D13$	= 240	Mpa
Panjang dinding	= 5700	mm
Tinggi dinding	= 600	mm
Tebal dinding	= 600	mm
Tebal decking	= 40	mm
Diameter lentur	= 19	mm
Diameter sengkang	= 12	mm
Jarak tulangan lapis	= 25	mm



Gambar 5. 37 Denah Lokasi dan Permodelan 3D Dinding Geser

Dari program bantu SAP 2000 v20.0.0, didapatkan gaya - gaya maksimum yang terjadi pada shearwall (kombinasi ENVELOPE) adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 5 Output Gaya Dinding Geser dari SAP 2000 v20.0.0

Section Cut	Output Case	P	V2	V3	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
SW	ENVELOPE	4371,8	141,12	93,389	266,25	37,017
SW	ENVELOPE	2810,4	-140,8	-112,5	171,16	-41,65

$$P_u = 4371,8 \text{ kN}$$

$$V_u = 141,2 \text{ kN}$$

$$M_u = 266,25 \text{ kNm}$$

Kontrol Ketebalan Terhadap Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh melebihi:

$$\text{Panjang} = 13550 \text{ mm}$$

$$A_{cw} = \text{tebal dinding} \times 0,8 \times \text{panjang dinding}$$

$$= 300 \times 0,8 \times 13550$$

$$= 3252000 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,83 \times A_{cw} \times \sqrt{f_c'}$$

$$= 0,83 \times 3252000 \times \sqrt{30}$$

$$= 14783908 \text{ N}$$

$$= 14784 \text{ kN}$$

$$V_u < V_c$$

$$141,2 \text{ kN} < 14784 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

a. Rasio Tulangan minimum

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.1, apabila nilai $V_u > 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka pmin tulangan horizontal dan vertikal adalah 0,0025.

A_{cv} = tebal dinding x panjang dinding

$$= 300 \times 13550$$

$$= 4065000 \text{ mm}^2$$

$$V_u > 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$> 0,083 \times 1 \times 4065000 \times \sqrt{30}$$

$$> 1847988,5 \text{ N}$$

$$141,2 \text{ kN} > 1848,0 \text{ kN} \quad \textbf{(Not OK)}$$

Maka digunakan $\rho = 0,0025$

b. Cek kebutuhan lapis tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.2, apabila nilai

$V_u > 0,17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka dibutuhkan 2 lapis tulangan.

$$V_u > 0,17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$> 0,17 \times 1 \times 4065000 \times \sqrt{30}$$

$$141,2 \text{ kN} > 3785,0367 \text{ kN} \quad \text{cukup 1 lapis}$$

c. Perhitungan Tulangan Longitudinal dan transversal

Luas tulangan minimum per satuan panjang :

$$= 300 \times 1000 \text{ mm} = 300000 \text{ mm}^2$$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal:

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= 0,0025 \times 300000 \text{ mm} \\ &= 750 \text{ mm}^2/\text{m} = 0,75 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 kaki 16 - 200

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 402,29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v}{A_s \text{ min}} \\ &= \frac{402,29}{0,75} \\ &= 536,38 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan longitudinal 2 kaki D16-200

Kuat Geser Dinding Struktural

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.1, kuat geser nominal dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_n = A_c v \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y)$$

Dimana

$$\begin{aligned} \alpha_c &= 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5 \\ &= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2 \\ &= \text{variatif secara linier antara } 0,25 \text{ dan } 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \\ &\quad \text{antara } 1,5 \text{ dan } 2,0 \end{aligned}$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{30400}{13550} = 2,24$$

Karena $h_w/l_w > 2$ maka $\alpha_c = 0,17$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi 2D16-200. Rasio tulangan transversal terpasang adalah:

$$\rho = \frac{A_s}{S \times t}$$

$$\rho = \frac{402,29}{200 \times 300}$$

$$\rho = 0,0067 > 0,0025 \quad (\text{OK})$$

Menghitung kuat geser nominal pada dinding :

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y) \\ &= 4065000 \left[0,17 \times 1 \times \sqrt{30} + 0,0067 \times 400 \right] \\ &= 14686979,59 \text{ N} = 14686,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u < \phi \cdot V_n$$

$$141,2 \text{ kN} < 0,75 \times 14686,98$$

$$141,2 \text{ kN} < 11015,235 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

Namun, pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal maksimum yang terjadi dibatasi yakni sebesar:

$$\begin{aligned} V_n \text{ maks} &= 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'} \\ &= 0,83 \times 3252000 \times \sqrt{30} \\ &= 14783908,18 \text{ N} = 14783,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_n < V_n \text{ maks}$$

$$11015,2 \text{ kN} < 14783,9 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

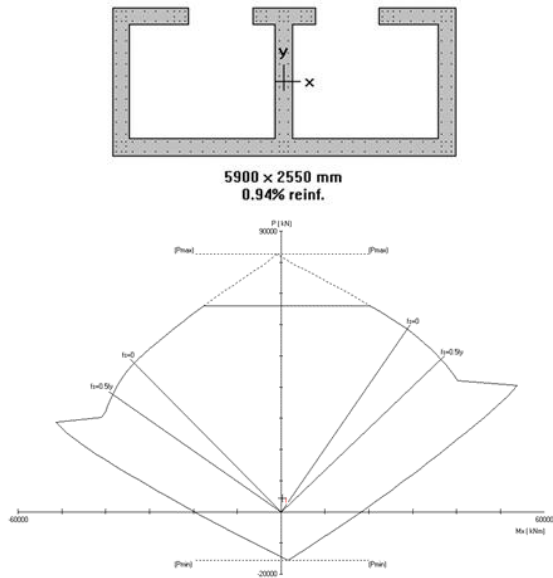
Maka dipakai yang terkecil yaitu = 11015,2 kN

Perencanaan Dinding terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Kuat lentur dinding struktur diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu pcaColumn. Gaya gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yakni:

$$P_u = 4371,8 \text{ kN}$$

$$M_u = 266,25 \text{ kNm}$$



Gambar 5. 38 Diagram Interaksi Dinding Geser

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan **2D16-200**.

Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus **(Special Boundary Element)**

Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan *special boundary element* dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yakni:

Luas dinding bruto

A_g = tebal dinding x panjang dinding

$$= 300 \times 13550$$

$$= 4065000 \text{ mm}^2 = 4,07 \text{ m}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 300 \times 13550^3$$

$$= 62195346875000 \text{ mm}^4 = 62,2 \text{ m}^4$$

$$y = \frac{\text{panjang badan}}{2}$$

$$= \frac{13550}{2}$$

$$= 6775 \text{ mm} = 6,78 \text{ mm}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas apabila :

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u \times y}{I_g} > 0,2 \times f_c'$$

$$\frac{4371,8}{4,065} + \frac{266,25 \times 6,78}{62,20} > 0,2 \times 30$$

$$1104,48 \text{ kN/m}^2 > 6 \text{ Mpa}$$

$$1104,48 \text{ Mpa} > 6 \text{ Mpa} \quad (\text{OK})$$

Maka diperlukan *special boundary element* di daerah tekan pada dinding.

Tulangan Confinement untuk Dinding Struktural

Apabila digunakan hoop berbentuk persegi berdiameter D13, maka spasi maksimum hoop ditentukan oleh yang terkecil diantara:

$$- 1/4 \times \text{panjang sisi terpendek} = 0,25 \times 600 = 150 \text{ mm}$$

$$- 6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$- \text{Nilai } S_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \times h_x}{3}$$

$$h_x = 300 - 2 \times 40 - 2 \times 16 = 188 \text{ mm}$$

$$S_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \times h_x}{3}$$

$$= 100 + \frac{350 - 0,5 \times 188}{3}$$

$$= 185,33 \text{ mm}$$

Namun, nilai S_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Diambil nilai s max terkecil yakni = 150 mm

Maka nilai s = 150 mm

Karakteristik inti penampang:

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$= 300 - \left[2 \times 40 + 2 \times 13 / 2 \right] = 207 \text{ mm}$$

Tulangan confinement yang dibutuhkan adalah:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \times S \times bc \times f_c}{f_{yt}}$$

$$= \frac{0,09 \times 150 \times 207 \times 30}{400}$$

$$= 209,59 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang terpasang 2 kaki D 13

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$= 2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2$$

$$= 265,57 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$A_v > A_{sh}$$

$$265,57 \text{ mm}^2 > 209,59 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

5.3 Perhitungan Perkuatan Struktur Eksisting

Dari hasil perhitungan dan analisa struktur diatas terdapat elemen balok dan kolom yang mengalami kekurangan kapasitas. Sehingga perlu dilakukan suatu perkuatan terhadap elemen tersebut.

Metode perkuatan yang digunakan adalah dengan menggunakan *CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer)* yang dapat dipergunakan untuk perkuatan lentur dan perkuatan geser.

5.3.1 Perkuatan Balok

Contoh perhitungan perkuatan balok menggunakan Balok tipe B1 As 3 Joint C-E yang terletak di lantai 2 (dua) yang membutuhkan perkuatan Lentur dan Geser.

Perhitungan Perkuatan Lentur

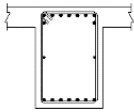
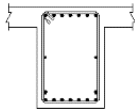
Nama Bahan Perkuatan

Nama Bahan	=	SIKA Carbodur S1012
Type	=	CFRP <i>Laminate Tape</i>
Lebar	=	100 mm
Tebal	(t_f) =	1,2 mm
Luasan FRP	(A_f) =	120 mm ²
Tensile Strength	(F_{fu}^*) =	2800 Mpa
Regangan Putus	(ϵ_{fu}^*) =	> 1,7 %
Modulus Elastisitas	(E_f) =	165000 Mpa
Faktor Reduksi	(C_E) =	0,95 (Tabel 9.1 ACI 440.2R-08)

Data Eksisting

Data Eksisting	=	B1 as 3 joint C-E
fc	=	30 Mpa
Bentang	=	5700 mm
Lebar Balok	=	400 mm
Tinggi Balok	=	600 mm

Diameter Tul. Lentur	= 9 D 19
Diameter Tul. Sengkang	= Ø 10
d	= 518,5 mm
Decking	= 40 mm
As Lentur Tarik	= 2553 mm ²
Momen Nominal	= 430,5 kNm
Momen Ultimate	= 651,24 kNm

NO. KODE	B-1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	400 x 600	
PENAMPANG		
TULANGAN ATAS	9 D19	7 D19
TULANGAN TENGAH	2 D16	
TULANGAN BAWAH	7 D19	9 D19
SENGKANG	ø10 - 100	ø10 - 150

Gambar 5. 39 Penampang Balok

Balok ini membutuhkan perkuatan lentur karena Momen nominal (ϕM_n) dari tulangan balok terpasang tidak cukup untuk menahan Momen ultimate (M_u) dari beban terfaktor. Perkuatan lentur bisa terpenuhi apabila:

$$M_u \leq \phi M_n$$

Maka ϕM_n di desain dengan menjumlahkan M_n dari tulangan dengan M_n dari perkuatan (M_{nf}) yang diakalikan dengan factor reduksi ψ_f .

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u \leq \phi \cdot M_{ns} + \psi f \cdot M_{nf}$$

$$M_u - \phi M_{ns} \leq \psi f \cdot M_{nf}$$

$$651,24 - 430,5 \leq \psi_f \cdot A_f \cdot f_{fe} \cdot \left(h - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right)$$

$$220,74 \text{ kNm} = \psi_f \cdot A_f \cdot f_{fe} \cdot \left(h - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right)$$

Perhitungan Desain Material

1. Desain kuat tarik ultimate FRP (f_{fu}) harus direduksi akibat pengaruh lingkungan.

$$\begin{aligned} F_{fu} &= C_E \times F_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 2800 \\ &= 2660 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

2. Desain regangan putus FRP (ϵ_{fu}) juga harus direduksi.

$$\begin{aligned} \epsilon_{fu} &= C_E \times \epsilon_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 0,017 \\ &= 0,0162 \text{ mm/mm} \end{aligned}$$

3. Perhitungan regangan beton saat pemasangan FRP, dimana beban yang bekerja adalah beban mati struktur dan beban mati tambahan pada struktur tersebut.

$$\begin{aligned} \epsilon_{bi} &= \frac{\sigma}{E_c} \\ &= \frac{\frac{M_{(D+SDL)}}{W}}{4700\sqrt{f'c'}} \\ &= 0,00007941 \end{aligned}$$

4. Perhitungan regangan dimana debonding akan terjadi.

$$\begin{aligned}\epsilon_{fd} &\leq 0,9 \cdot \epsilon_{fu} \\ 0,41 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{E_f \cdot t_f}} &\leq 0,9 \times 0,0162 \\ 0,41 \sqrt{\frac{30}{165000 \times 1,2}} &\leq 0,0145 \\ 0,0050468 &\leq 0,0145 \quad \textbf{(OK)}\end{aligned}$$

5. Perhitungan regangan efektif pada FRP.

$$\epsilon_{cu} \times \left(\frac{df - c}{c} \right) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$$

Dimana :

c = jarak antara serat tekan terjauh dengan sumbu netral

$$0,2 \times d \text{ balok} = 0,2 \times 519 = 103,7 \text{ mm}$$

ϵ_{cu} = regangan maksimum yang bisa dimanfaatkan pada serat tekan beton beton terluar (0,003)

$$\begin{aligned}\epsilon_{fe} &= \epsilon_{cu} \times \left(\frac{df - c}{c} \right) - \epsilon_{bi} \\ &= 0,003 \times \left(\frac{600 - 103,7}{103,7} \right) - 0,0000794 \\ &= 0,014278356\end{aligned}$$

$$\epsilon_{fe} \leq \epsilon_{fd}$$

$$0,0142784 \leq 0,0050468 \quad \textbf{(Not OK)}$$

Maka

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0,0050468$$

6. Perhitungan tegangan efektif FRP.

$$\begin{aligned} F_{fe} &= E_f \cdot \epsilon_{fe} \\ &= 165000 \times 0,0050468 \\ &= 832,71 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

7. Jumlah FRP yang dibutuhkan

$$220740000 \text{ Nmm} = \psi_f \cdot A_f \cdot f_{fe} \cdot \left(h - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right) \quad \beta_1 = 0,8$$

$$220740000 \text{ Nmm} = 0,85 \times A_f \times 833 \left[600 - \frac{0,8 \times 104}{2} \right]$$

$$220740000 \text{ Nmm} = A_f \times 395324,2796$$

$$\begin{aligned} A_f &= \frac{220740000}{395324,2796} \\ &= 558,38 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi untuk perkuatan balok ini dipasang :

$$\frac{A_{f\text{perlu}}}{A_f \text{ 1 CFRP}} = \frac{558,38 \text{ mm}^2}{120 \text{ mm}^2} = 4,65 = 5 \text{ Strip}$$



Gambar 5. 40 Perkuatan Lentur *CFRP* Balok B1 daerah Tumpuan

Data Eksisting Daerah Lapangan

Diameter Tul. Lentur	=	9 D 19
Diameter Tul. Sengkang	=	Ø 10
d	=	518,5 mm
Decking	=	40 mm
As Lentur Tarik	=	2553 mm ²
Momen Nominal	=	430,5 kNm
Momen Ultimate	=	636,62 kNm

Balok ini membutuhkan perkuatan lentur karena Momen nominal ($\emptyset M_n$) dari tulangan balok terpasang tidak cukup untuk menahan Momen ultimate (M_u) dari beban terfaktor. Perkuatan lentur bisa terpenuhi apabila:

$$M_u \leq \emptyset M_n$$

Maka $\emptyset M_n$ di desain dengan menjumlahkan M_n dari tulangan dengan M_n dari perkuatan (M_{nf}) yang diakalikan dengan factor reduksi ψ_f .

$$M_u \leq \emptyset M_n$$

$$M_u \leq \emptyset \cdot M_{ns} + \psi_f \cdot M_{nf}$$

$$M_u - \emptyset M_{ns} \leq \psi_f \cdot M_{nf}$$

$$636,62 - 430,5 \leq \psi_f \cdot A_f \cdot f_{fe} \cdot \left(h - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right)$$

$$206,12 \text{ kNm} = \psi_f \cdot A_f \cdot f_{fe} \cdot \left(h - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right)$$

Perhitungan Desain Material

1. Desain kuat tarik ultimate FRP (f_{fu}) harus direduksi akibat pengaruh lingkungan.

$$\begin{aligned} F_{fu} &= C_E \times F_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 2800 \\ &= 2660 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

2. Desain regangan putus FRP (ϵ_{fu}) juga harus direduksi.

$$\begin{aligned}\epsilon_{fu} &= C_E \times \epsilon_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 0,017 \\ &= 0,0162 \text{ mm/mm}\end{aligned}$$

3. Perhitungan regangan beton saat pemasangan FRP, dimana beban yang bekerja adalah beban mati struktur dan beban mati tambahan pada struktur tersebut.

$$\begin{aligned}\epsilon_{bi} &= \frac{\sigma}{E_c} \\ &= \frac{\frac{M_{(D+SDL)}}{W}}{4700\sqrt{f'c'}} \\ &= 0,00007941\end{aligned}$$

4. Perhitungan regangan dimana debonding akan terjadi.

$$\begin{aligned}\epsilon_{fd} &\leq 0,9 \cdot \epsilon_{fu} \\ 0,41 \cdot \sqrt{\frac{fc}{Ef \cdot tf}} &\leq 0,9 \times 0,0162 \\ 0,41 \sqrt{\frac{30}{165000 \times 1,2}} &\leq 0,0145 \\ 0,0050468 &\leq 0,0145 \quad \textbf{(OK)}\end{aligned}$$

5. Perhitungan regangan efektif pada FRP.

$$\begin{aligned}\epsilon_{fe} &\leq \epsilon_{fd} \\ \epsilon_{cu} \times \left(\frac{df - c}{c} \right) - \epsilon_{bi} &\leq \epsilon_{fd}\end{aligned}$$

Dimana :

c = jarak antara serat tekan terjauh dengan sumbu netral
 $0,2 \times d \text{ balok} = 0,2 \times 519 = 103,7 \text{ mm}$

ϵ_{cu} = regangan maksimum yang bisa dimanfaatkan pada
 serat tekan beton beton terluar (0,003)

$$\begin{aligned}\epsilon_{fe} &= \epsilon_{cu} \times \left(\frac{df - c}{c} \right) - \epsilon_{bi} \\ &= 0,003 \times \left(\frac{600 - 103,7}{103,7} \right) - 0,0000794 \\ &= 0,014278356\end{aligned}$$

$$\epsilon_{fe} \leq \epsilon_{fd}$$

$$0,0142784 \leq 0,0050468 \quad (\text{Not OK})$$

Maka

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0,0050468$$

6. Perhitungan tegangan efektif FRP.

$$\begin{aligned}F_{fe} &= E_f \cdot \epsilon_{fe} \\ &= 165000 \times 0,0050468 \\ &= 832,71 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

7. Jumlah FRP yang dibutuhkan

$$206120000 \text{ Nmm} = \psi_f \cdot A_f \cdot f_{fe} \cdot \left(h - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right) \quad \beta_1 = 0,8$$

$$206120000 \text{ Nmm} = 0,85 \times A_f \times 833 \left(600 - \frac{0,8 \times 104}{2} \right)$$

$$206120000 \text{ Nmm} = A_f \times 395324,2796$$

$$\begin{aligned}A_f &= \frac{206120000}{395324,2796} \\ &= 521,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jadi untuk perkuatan balok ini dipasang :

$$\frac{A_{f\text{perlu}}}{A_f \text{ 1 CFRP}} = \frac{521,39 \text{ mm}^2}{120 \text{ mm}^2} = 4,34 = 5 \text{ Strip}$$



Gambar 5. 41 Perkuatan Lentur *CFRP* Balok B1 Daerah Lapangan

Perhitungan Perkuatan Geser

Nama Bahan Perkuatan

Nama Bahan	=	SIKA Wrap 231C
Type	=	CFRP <i>Wrap</i>
Lebar	(w_f) =	500 mm
Tebal	(t_f) =	0,13 mm
Tensile Strength	(F_{fu}^*) =	4800 Mpa
Regangan Putus	(ϵ_{fu}^*) =	> 1,7 %
Modulus Elastisitas	(E_f) =	234000 Mpa
Faktor Reduksi	(C_E) =	0,95 (Tabel 9.1 ACI 440.2R-08)

Data Eksisting Balok Daerah Tumpuan

Diameter Tul. Lentur	=	9 D 19
Diameter Tul. Sengkang	=	Ø 10 - 100 2 kaki
As sengkang	=	157 mm ²
Decking	=	40 mm
d	=	518,5 mm
df	=	398,5 mm
Vc	=	0 kN
Vs	=	195,55 kN
Vu	=	569,18 kN

Balok ini membutuhkan kekuatan lentur karena geser nominal (ϕV_n) dari tulangan balok terpasang tidak cukup untuk menahan geser ultimate (V_u) dari beban terfaktor. Perkuatan lentur bisa terpenuhi apabila:

$$\phi V_n > V_u$$

Maka ϕV_n di desain dengan menjumlahkan V_n dari tulangan dengan M_n dari perkuatan (V_{nf}) yang diakalikan dengan factor reduksi ψ_f .

$$\phi (V_c + V_s + \psi_f V_f) > V_u$$

1. Perhitungan Design Material

Desain kuat tarik ultimate FRP (f_{fu}) harus direduksi akibat pengaruh lingkungan.

$$\begin{aligned} f_{fu} &= C_E \times f_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 4800 \\ &= 4560 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Desain regangan putus FRP (ϵ_{fu}) juga harus direduksi.

$$\begin{aligned} \epsilon_{fu} &= C_E \times \epsilon_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 0,017 \\ &= 0,0162 \text{ mm/mm} \end{aligned}$$

2. Regangan Efektif FRP

$$\begin{aligned}
 L_e &= \frac{23300}{(n \times t_f \times E_f)^{0,58}} \\
 &= \frac{23300}{[1 \times 0,13 \times 234000]^{0,58}} \\
 &= 58,24 \text{ mm} \\
 k_1 &= \left(\frac{f_c'}{27} \right)^{2/3} & k_2 &= \left(\frac{dfv - Le}{dfv} \right) \\
 &= \left(\frac{30}{27} \right)^{2/3} & &= \left(\frac{399 - 58,2}{398,5} \right) \\
 &= 1,0728 & &= 0,8539 \\
 K_v &= \frac{k_1 \times k_2 \times Le}{11,900 \times \epsilon_{fu}} \\
 &= \frac{1,07 \times 0,8539 \times 58,236}{11900 \times 0,0162} \\
 &= 0,2776 < 0,75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{fe} &= K_v \cdot \epsilon_{fu} \\
 &= 0,2776 \times 0,0162 \\
 &= 0,0045 < 0,004
 \end{aligned}$$

Maka tegangan FRP adalah

$$\begin{aligned}
 f_{fe} &= E_f \cdot \epsilon_{fe} \\
 &= 234000 \times 0,004 \\
 &= 936 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

3. Gaya Geser yang dipikul FRP

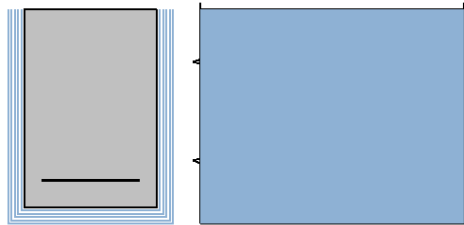
$$\begin{aligned}
 V_u &= \emptyset (V_c + V_s + \Psi_f V_f) & \Psi_f &= 0,85 \\
 \frac{V_u}{\emptyset} &= V_c + V_s + \Psi_f V_f & & \text{(for U-wraps)} \\
 V_f &= \frac{V_u/\emptyset - V_c - V_s}{\Psi_f} \\
 &= \frac{569 - 0 - 196}{0,85} \\
 &= 439,57 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Jadi luasan FRP yang dibutuhkan dapat dicari :

$$\begin{aligned}
 A_f &= \frac{V_f}{\epsilon_f \cdot E_f \cdot D_f} \\
 &= \frac{439,57}{0,0045 \times 234 \times 399} \\
 &= 1,0516 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

5. Jumlah CFRP Wrap yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_f}{2 \cdot t_f} \\
 &= \frac{1,052}{2 \times 0,131} \\
 &= 4,0137 = 5 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 42 Perkuatan Geser *CFRP* Balok B1 Daerah Tumpuan

Data Eksisting Balok Daerah Lapangan

Diameter Tul. Lentur	=	9 D 19
Diameter Tul. Sengkang	=	Ø 10 - 150 2 kaki
As Sengkang	=	157 mm ²
Decking	=	40 mm
d	=	518,5 mm
df	=	398,5 mm
Vc	=	193,12 kN
Vs	=	130,37 kN
Vu	=	560,65 kN

Balok ini membutuhkan perkuatan lentur karena geser nominal (ϕV_n) dari tulangan balok terpasang tidak cukup untuk menahan geser ultimate (V_u) dari beban terfaktor. Perkuatan lentur bisa terpenuhi apabila:

$$\phi V_n > V_u$$

Maka ϕV_n di desain dengan menjumlahkan V_n dari tulangan dengan M_n dari perkuatan (V_{nf}) yang diakalikan dengan factor reduksi ψ_f .

$$\phi (V_c + V_s + \psi_f V_p) > V_u$$

1. Perhitungan Design Material

Desain kuat tarik ultimate FRP (f_{fu}) harus direduksi akibat pengaruh lingkungan.

$$\begin{aligned} f_{fu} &= C_E \times f_{fu*} \\ &= 0,95 \times 4800 \\ &= 4560 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Desain regangan putus FRP (ϵ_{fu}) juga harus direduksi.

$$\begin{aligned} \epsilon_{fu} &= C_E \times \epsilon_{fu*} \\ &= 0,95 \times 0,017 \\ &= 0,0162 \text{ mm/mm} \end{aligned}$$

2. Regangan Efektif FRP

$$\begin{aligned}
 L_e &= \frac{23300}{(n \times t_f \times E_f)^{0,58}} \\
 &= \frac{23300}{[1 \times 0,13 \times 234000]^{0,58}} \\
 &= 58,24 \text{ mm} \\
 k_1 &= \left(\frac{fc'}{27}\right)^{2/3} & k_2 &= \left(\frac{dfv - Le}{dfv}\right) \\
 &= \left(\frac{30}{27}\right)^{2/3} & &= \left(\frac{399 - 58,2}{398,5}\right) \\
 &= 1,0728 & &= 0,8539 \\
 K_v &= \frac{k_1 \times k_2 \times Le}{11,900 \times \epsilon_{fu}} \\
 &= \frac{1,07 \times 0,8539 \times 58,236}{11900 \times 0,0162} \\
 &= 0,2776 < 0,75 \\
 \epsilon_{fe} &= K_v \cdot \epsilon_{fu} \\
 &= 0,2776 \times 0,0162 \\
 &= 0,0045 < 0,004
 \end{aligned}$$

Maka tegangan FRP adalah

$$\begin{aligned}
 f_{fe} &= E_f \cdot \epsilon_{fe} \\
 &= 234000 \times 0,004 \\
 &= 936 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

3. Gaya Geser yang dipikul FRP

$$V_u = \phi (V_c + V_s + \Psi_f V_f) \quad \Psi_f = 0,85$$

$$\frac{V_u}{\phi} = V_c + V_s + \Psi_f V_f \quad (\text{for U-wraps})$$

$$V_f = \frac{V_u/\phi - V_c - V_s}{\Psi_f}$$

$$= \frac{561 - 193 - 130}{0,85}$$

$$= 279,02 \text{ kN}$$

4. Jadi luasan FRP yang dibutuhkan dapat dicari :

$$A_f = \frac{V_f}{\epsilon_f \cdot E_f \cdot D_f}$$

$$= \frac{279,02}{0,0045 \times 234 \times 399}$$

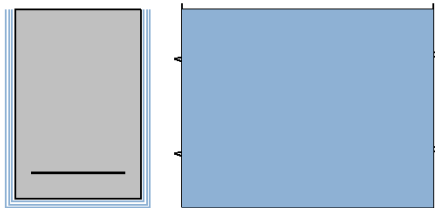
$$= 0,6675 \text{ mm}^2$$

5. Jumlah CFRP Wrap yang dibutuhkan

$$n = \frac{A_f}{2 \cdot t_f}$$

$$= \frac{0,667}{2 \times 0,131}$$

$$= 2,5477 = 3 \text{ lapis}$$



Gambar 5. 43 Perkuatan Geser *CFRP* Balok B1 Daerah Lapangan

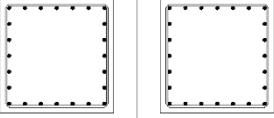
5.3.2 Perkuatan Kolom

Contoh perhitungan perkuatan kolom menggunakan Kolom tipe K1 yang terletak di lantai 1 (satu) yang membutuhkan perkuatan geser.

Perhitungan Perkuatan Geser

Nama Bahan Perkuatan

Nama Bahan	= SIKA Wrap 231C
Type	= CFRP <i>Wrap</i>
Lebar	= 500 mm
Tebal	= 0,131 mm
Tensile Strength (F_{ti}^*)	= 4800 Mpa
Regangan Putus (ϵ_{ti}^*)	= > 1,8 %
Modulus Elastisitas (E_p)	= 234000 Mpa
Faktor Reduksi (C_E)	= 0,95 (Tabel 9.1 ACI 440.2R-08)

NO. KODE	K-1	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	600 x 600	
PENAMPANG		
TULANGAN UTAMA	24 D19	
SENGKANG	∅12 - 200	∅12 - 200

Gambar 5. 44 Penampang Kolom K1

Data Eksisting

Data Eksisting	= K1 As 7 Joint C
Bentang	= 4500 mm
Lebar Kolom	= 600 mm
Tinggi Kolom	= 600 mm
Vs Tulangan kolom	= 109,63 kN
ΔV_u	= 571,29 kN

Kolom ini membutuhkan perkuatan lentur karena geser nominal (ϕV_n) dari tulangan balok terpasang tidak cukup untuk menahan geser ultimate (V_u) dari beban terfaktor. Perkuatan lentur bisa terpenuhi apabila:

$$\phi V_n > V_u$$

Maka ϕV_n di desain dengan menjumlahkan V_n dari tulangan dengan M_n dari perkuatan (V_{nf}) yang diakalikan dengan factor reduksi ψ_f .

$$\phi (V_c + V_s + \psi_f V_f) > V_u$$

Dimana :

$$\phi = 0,9$$

V_c = kuat geser yang disumbang beton = 0

V_s = kuat geser yang disumbang tulangan baja

$$\psi_f = 0,95$$

V_f = kuat geser yang disumbang FRP

1. Perhitungan Design Material

Desain kuat tarik ultimate FRP (f_{fu}) harus direduksi akibat pengaruh lingkungan.

$$\begin{aligned} F_{fu} &= C_E \times F_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 4800 \\ &= 4560 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Desain regangan putus FRP (ϵ_{fu}) juga harus direduksi.

$$\begin{aligned} \epsilon_{fu} &= C_E \times \epsilon_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 0,018 \\ &= 0,0171 \text{ mm/mm} \end{aligned}$$

2. Regangan efektif pada kolom dan balok yang diperkuat dengan dibungkus sepenuhnya dengan FRP besarnya dibatasi $< 0,4 \%$. Regangan efektif FRP (ϵ_{fe}) dapat ditentukan dengan rumus :

$$\begin{aligned}\epsilon_{fe} &\leq 0,004 \\ 0,75 \times \epsilon_{fu} &\leq 0,004 \\ 0,0128 &\leq 0,004\end{aligned}$$

Maka :

$$\epsilon_{fe} = 0,004$$

Maka tegangan FRP adalah

$$\begin{aligned}F_{fe} &= E_f \cdot \epsilon_{fe} \\ &= 234000 \times 0,004 \\ &= 936 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

3. Gaya geser yang akan dipikul FRP dapat dihitung dari kebutuhan perkuatan gaya geser, faktor reduksi geser dan faktor reduksi geser FRP.

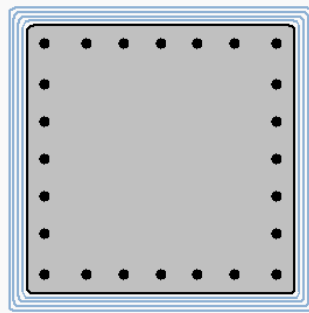
$$\begin{aligned}V_f &= \frac{\Delta v_u - V_s - V_c}{\phi \cdot \Psi_f} \\ &= \frac{571,29 - 109,63 - 0}{0,9 \times 0,95} \\ &= 539,95 \text{ kN}\end{aligned}$$

4. Jadi luasan FRP yang dibutuhkan dapat dicari :

$$\begin{aligned}A_f &= \frac{V_f}{\epsilon_f \cdot E_f \cdot D_f} \\ &= \frac{539,95}{0,004 \times 234 \times 600} \\ &= 0,9615 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

5. Jumlah CFRP Wrap yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_f}{2 \cdot t_f} \\
 &= \frac{0,961}{2 \times 0,131} \\
 &= 3,6697 = 4 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 45 Perkuatan Geser *CFRP* Kolom K1 Daerah Tumpuan

5.4 Metode Pelaksanaan

5.4.1 Umum

Metode pelaksanaan pemasangan perkuatan *CFRP* berdasarkan brosur dari PT. SIKA dilakukan dengan beberapa langkah.

5.4.2 Persiapan Permukaan Beton

Persiapan permukaan beton meliputi :

1. Secara umum, permukaan balok/kolom yang akan diperkuat harus bersih, kering, rata, yakni tidak ada bagian dari permukaan yang menonjol ataupun terdapat lubang . Menghilangkan debu, minyak, senyawa kimia, partikel asing dan bahan ikatan lainnya termasuk cat dari permukaan kolom / balok dengan membersihkan atau cara mekanis yang lain sebelum instalasi *CFRP* dilakukan.
2. Jika terdapat permukaan beton yang kondisinya buruk harus diperbaiki terlebih dahulu.

3. Permukaan yang tidak rata harus diisi dengan mortar perbaikan yang tepat.
4. Hati-hati supaya tidak terjadi pengembunan air di permukaan balok/beton yang akan diinstalasi *CFRP*.



Gambar 5. 46 Pembersihan Permukaan Beton

5.4.3 Persiapan Permukaan *CFRP*

Persiapan permukaan *CFRP* meliputi :

1. Potong *CFRP* sesuai kebutuhan untuk dipasang di balok/kolom sesuai perhitungan.
2. Membersihkan permukaan plate dengan sehingga tidak terkontaminasi debu.
3. Tunggu sampai permukaan benar-benar kering sebelum diberi bahan perekat adhesif. Lebih kurang 10 menit.

5.4.4 Pemasangan / Instalasi *CFRP*

Pemasangan / instalasi *CFRP* :

1. Oleskan bahan perekat adhesif (Sikadur 30) pada plate *CFRP* yang akan digunakan dengan menggunakan spatula khusus, sehingga bahan perekat dapat dioleskan dengan rata.



Gambar 5. 47 Pengolesan Sikadur 30 pada *Plate CFRP*

2. Tempelkan *CFRP* yang sudah ada bahan perekatnya ke permukaan beton yang akan diperkuat.
3. Setelah menempel lalu tekan dengan roller hingga lem keluar di kedua sisi plate *CFRP* sehingga bahan perekat menyatu dengan pembukaan beton.



Gambar 5. 48 Merekatkan *Plate CFRP* dengan Menekan Menggunakan *Roller*

4. Pengecekan dilakukan dengan cara mengetuk – ngetuk plate *CFRP* agar tidak ada yang masih kosong.



Gambar 5. 49 Pengecekan *Plate CFRP*

5. Apabila masih terdengar kopong, sisipkan kembali sikadur 30 dikedua sisi plate *CFRP*.



Gambar 5. 50 Menyisipkan kembali Sikadur 30

6. Hilangkan sisa bahan perekat yang berada di sisi luar plate *CFRP*.

5.4.5 Curing

1. Waktu lamanya curing ditentukan oleh produsen *CFRP*, biasanya 24 sampai 72 jam tergantung suhu lingkungan
2. Suhu curing harus dipertahankan dalam kisaran suhu normal seperti yang ditunjukkan pada kemasan.
3. Beton komposit harus dipastikan memiliki kepadatan dan ketebalan yang seragam dan tidak ada rongga udara didalamnya.

5.4.6 Finishing

Setelah aplikasi, permukaan dari lembaran *FRP* dimungkinkan untuk di keramik atau diplester. Jika hal ini digunakan, butiran pasir yang lembut harus di taburkan pada permukaan *FRP* yang masih basah dan setelah 24 jam bisa diplester. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kelekatan yang baik antara permukaan komposit dan plesteran.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis pada bab – bab sebelumnya, didapat kesimpulan sesuai dengan tugas Tugas Akhir sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis pada Bab IV, didapatkan perbedaan pembebanan berdasarkan peraturan lama dan peraturan baru.

Tabel 6. 1 Rekapitulasi Pembebanan Peraturan Lama dan Baru

Item Beban	Peraturan Lama	Peraturan Baru
Beban Mati	PPIUG 1983	SNI 1727-2013
Spesi per cm tebal	21,000	21,000
Keramik per cm tebal	24,000	16,500
Pemipaan air bersih dan air kotor	-	25,000
Plafond Kalsiboard 4.5	7,000	6,389
Pertisi Plafond Kalsipart 8	11,000	11,667
Instalasi Listrik AC dll	40,000	40,000
Beban Hidup	PPIUG 1983	SNI 1727-2013
Ruang Guru	250,000	240,000
Ruang Rapat		479,000
Koridor		383,000
Beban Gempa	SNI 1726-2002	SNI 1726-2012
Sistem Struktur	SRPMM	Dual System
Katagori Resiko Gempa	II	IV
Faktor Keutamaan Gedung (I)	1	1,5
Faktor Reduksi Gempa (R)	5,5	7

2. Dari hasil analisis pada Bab V, didapatkan bahwa struktur pelat, tangga dan balok anak masih mampu menahan beban berdasarkan SNI 1727-2013.
3. Dari Hasil analisis pada Bab V dapat disimpulkan bahwa apabila elemen struktur yang membutuhkan perkuatan tidak

segera diperkuat maka akan mengakibatkan kerusakan atau bahkan keruntuhan pada gedung tersebut.

4. Dari hasil analisis pada Bab V didapatkan balok dan kolom yang membutuhkan perkuatan bisa terpenuhi perkuatannya dengan menggunakan *CFRP* yang dihitung berdasarkan ketentuan dari peraturan yang berlaku. Dan diketahui juga jumlah lapis *CFRP* yang dibutuhkan tiap-tiap elemen.
5. Dari hasil analisis pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa pada kondisi eksisting, dimana elemen struktur dihitung dan menerima beban berdasarkan peraturan lama diketahui:
 - a. Beberapa balok (tabel 6.2, tabel 6.3, tabel 6.4, tabel 6.5, tabel 6.6, tabel 6.7, tabel 6.8 dan tabel 6.9) membutuhkan perkuatan lentur dan geser karena tulangan tidak mampu menahan gaya dari beban-beban yang berkerja sesuai dengan peraturan baru (SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2012).
 - b. Semua kolom struktur (tabel 6.10) membutuhkan perkuatan geser daerah tumpuan karena tulangan sengkangnya tidak memenuhi persyaratan tulangan *confinement* berdasarkan peraturan beton (SNI 2847-2013).
 - c. Dinding geser tidak membutuhkan perkuatan, karena tulangan masih mampu menahan mampu menahan gaya dari beban-beban yang berkerja sesuai dengan peraturan baru (SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2012).

Tabel 6. 2 Rekapitulasi Perkuatan Lentur Balok Lantai 2 (elv. +4.50)

Lantai 2 (elv. +4.50)										
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	CFRP TAPE (strip)	
			ØMn(kNm)	ØMn(kNm)	Mu(kNm)	Mu(kNm)			T	L
1	B7 as 1 joint C-E	B7	468,9	468,9	561,78	261,55	Not OK	OK	2	-
2	B7 as 2 joint C-E	B7	468,9	468,9	608,97	235,66	Not OK	OK	3	-
3	B1 as 3 joint C-E	B1	430,5	430,5	651,24	636,62	Not OK	Not OK	5	5
36	B4 as A joint 5-6	B4	297,2	297,2	307,82	139,32	Not OK	OK	1	-
41	B4 as B joint 5-6	B4	297,2	297,2	328,65	118,54	Not OK	OK	1	-

Tabel 6. 3 Rekapitulasi Perkuatan Lentur Balok Lantai 2 (mezz) (elv. +8.20)

Lantai 2 (mezz) (elv. +8.20)										
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	CFRP TAPE (strip)	
			ØMn(kNm)	ØMn(kNm)	Mu(kNm)	Mu(kNm)			T	L
1	B2 as 1 joint C-E	B2	387,2	387,2	438,91	191,13	Not OK	OK	2	-
2	B2 as 2 joint C-E	B2	387,2	387,2	544,43	198,42	Not OK	OK	4	-
3	B1 as 3 joint C-E	B1	430,5	430,5	550,99	530,18	Not OK	Not OK	3	3
36	B4 as A joint 5-6	B4	297,2	297,2	302,89	137,09	Not OK	OK	1	-
41	B4 as B joint 5-6	B4	297,2	297,2	319,78	115,34	Not OK	OK	1	-
48	B4 as C joint 5-6	B4	297,2	297,2	307,43	171,94	Not OK	OK	1	-
49	B2 as C joint 6-7	B2	387,2	387,2	394,64	212,57	Not OK	OK	1	-
54	B2 as E joint 2-3	B2	387,2	387,2	445,30	229,53	Not OK	OK	2	-
64	B4 as H joint 5-6	B4	297,2	297,2	301,56	164,54	Not OK	OK	1	-

Tabel 6. 4 Rekapitulasi Perkuatan Lentur Balok Lantai 3 (elv. +11.70)

Lantai 3 (elv. +11.70)										
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	CFRP TAPE (strip)	
			ØMn(kNm)	ØMn(kNm)	Mu(kNm)	Mu(kNm)			T	L
1	B2 as 1 joint C-E	B2	387,2	387,2	441,81	190,02	Not OK	OK	2	-
2	B2 as 2 joint C-E	B2	387,2	387,2	467,04	161,66	Not OK	OK	2	-
3	B1 as 3 joint C-E	B1	430,5	430,5	457,68	431,48	Not OK	Not OK	1	1
54	B2 as E joint 2-3	B2	387,2	387,2	400,77	206,58	Not OK	OK	1	-

Tabel 6. 5 Rekapitulasi Perkuatan Lentur Balok Lantai 4 (elv. +15.70)

Lantai 4 (elv. +15.70)										
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	CFRP TAPE (strip)	
			ØMn(kNm)	ØMn(kNm)	Mu(kNm)	Mu(kNm)			T	L
1	B2 as 1 joint C-E	B2	387.2	387.2	402.78	170.82	Not OK	OK	1	-
2	B2 as 2 joint C-E	B2	387.2	387.2	431.17	151.18	Not OK	OK	1	-

Tabel 6. 6 Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok Lantai 2 (elv. +4.50)

Lantai 2 (elv. +4.50)														
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil Hitungan Mpr				SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	T	L	CFRP Wrap (Lembar)			
			ØVs(kN)	ØVs+Vc(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)						
1	B7 as 1 joint C-E	B7	233,26	385,87	370,940	185,470	279,6	228,416	Not OK	OK	2	-		
2	B7 as 2 joint C-E	B7	233,26	385,87	397,420	198,710	339,37	269,733	Not OK	OK	2	-		
3	B1 as 3 joint C-E	B1	195,55	323,49	477,827	238,913	569,183	560,645	Not OK	Not OK	5	3		
4	B2 as 4 joint A-B	B2	195,55	323,49	260,376	130,188	168,425	137,883	Not OK	OK	1	-		
5	B2 as 4 joint B-C	B2	195,55	323,49	250,966	125,483	164,835	126,123	Not OK	OK	1	-		
6	B2 as 4 joint C-D	B2	195,55	323,49	398,391	199,195	249,214	199,603	Not OK	OK	3	-		
7	B2 as 4 joint D-G	B2	195,55	323,49	252,946	126,473	181,885	115,904	Not OK	OK	1	-		
8	B2 as 4 joint G-H	B2	195,55	323,49	261,892	130,946	178,539	140,911	Not OK	OK	1	-		
9	B2 as 5 joint A-B	B2	195,55	323,49	254,806	127,403	155,57	115,23	Not OK	OK	1	-		
10	B2 as 5 joint B-C	B2	195,55	323,49	253,316	126,658	151,02	112,11	Not OK	OK	1	-		
11	B2 as 5 joint C-D	B2	195,55	323,49	370,371	185,185	168,96	155,44	Not OK	OK	1	-		
12	B2 as 5 joint D-G	B2	195,55	323,49	260,666	130,333	180,42	123,01	Not OK	OK	1	-		
13	B2 as 5 joint G-H	B2	195,55	323,49	257,972	128,986	160,29	120,51	Not OK	OK	1	-		
14	B2 as 6 joint A-B	B2	195,55	323,49	260,396	130,198	156,88	113,56	Not OK	OK	1	-		
15	B2 as 6 joint B-C	B2	195,55	323,49	257,816	128,908	150,29	110,32	Not OK	OK	1	-		
16	B2 as 6 joint C-F	B2	195,55	323,49	275,956	137,978	169,98	118,27	Not OK	OK	1	-		
17	B5 as 6 joint F-G	B5	195,55	323,49	233,262	116,631	145,96	131,96	Not OK	OK	1	-		
18	B5 as 6 joint G-H	B2	195,55	323,49	279,832	139,916	169,196	121,68	Not OK	OK	1	-		
19	B3 as 7 joint A-B	B3	195,55	323,49	278,365	139,182	182,01	126,65	Not OK	OK	1	-		
20	B3 as 7 joint B-C	B3	195,55	323,49	273,955	136,977	175,68	122,26	Not OK	OK	1	-		
21	B3 as 7 joint C-F	B3	195,55	323,49	277,795	138,897	179,82	126,42	Not OK	OK	1	-		
22	B5 as 7 joint F-G	B5	195,55	323,49	236,912	118,456	118,98	106,47	Not OK	OK	1	-		
23	B3 as 7 joint G-H	B3	195,55	323,49	258,123	129,062	158,65	116,42	Not OK	OK	1	-		
24	B3 as 8 joint A-B	B3	195,55	323,49	263,005	131,502	149,55	116,06	Not OK	OK	1	-		
25	B3 as 8 joint B-C	B3	195,55	323,49	361,835	180,917	322,62	249,03	Not OK	OK	2	-		
26	B12 as 8 joint C-D	B12	195,55	347,63	347,468	173,734	204,21	185,53	Not OK	OK	2	-		
27	B12 as 8 joint D-F	B12	195,55	347,63	360,028	180,014	206,08	93,81	Not OK	OK	2	-		
28	B5 as 8 joint F-G	B5	195,55	323,49	240,242	120,121	116,55	104,15	Not OK	OK	1	-		
29	B3 as 8 joint G-H	B3	195,55	323,49	284,963	142,482	179,81	127,12	Not OK	OK	1	-		
30	B5 as 9 joint F-G	B5	195,55	323,49	229,892	114,946	111,53	97,12	Not OK	OK	1	-		
35	B3 as A joint 4-5	B3	195,55	323,49	232,023	116,011	155,14	125,19	Not OK	OK	1	-		
36	B4 as A joint 5-6	B4	195,55	323,49	245,409	122,705	174,46	152,66	Not OK	OK	1	-		
37	B3 as A joint 6-7	B3	195,55	323,49	215,885	107,942	143,51	112,03	Not OK	OK	1	-		
40	B2 as B joint 4-5	B2	195,55	323,49	289,748	144,874	183,73	140,46	Not OK	OK	2	-		
41	B4 as B joint 5-6	B4	195,55	323,49	290,079	145,040	137,74	132,54	Not OK	OK	2	-		
42	B2 as B joint 6-7	B2	195,55	323,49	265,796	132,898	195,52	116,42	Not OK	OK	1	-		
43	B2 as B joint 7-8	B2	195,55	323,49	221,786	110,893	173,86	131,63	Not OK	OK	1	-		
44	B2 as B joint 8-9	B2	195,55	323,49	234,466	117,233	194,42	52,86	Not OK	OK	1	-		
45	B8 as C joint 1-2	B8	195,55	360,73	256,846	128,423	172,22	125,77	Not OK	OK	1	-		
46	B2 as C joint 2-3	B2	195,55	323,49	222,945	111,473	174,96	147,35	Not OK	OK	1	-		
47	B2 as C joint 4-5	B2	195,55	323,49	292,598	146,299	172,57	148,35	Not OK	OK	2	-		
48	B4 as C joint 5-6	B4	195,55	323,49	299,499	149,750	126,63	134,46	Not OK	OK	2	-		
49	B2 as C joint 6-7	B2	195,55	323,49	243,996	121,998	136,54	138,53	Not OK	OK	1	-		
50	B2 as C joint 7-8	B2	195,55	323,49	243,616	121,808	174,53	125,24	Not OK	OK	1	-		
51	B12 as C joint 8-9	B12	195,55	323,49	245,956	122,978	142,84	136,23	Not OK	OK	1	-		
52	B2 as D joint 4-5	B2	195,55	323,49	273,406	136,703	129,5829	93,80056	Not OK	OK	1	-		
53	B8 as E joint 1-2	B8	195,55	360,73	245,554	122,777	124,1395	91,12432	Not OK	OK	1	-		
54	B2 as E joint 2-3	B2	195,55	323,49	233,706	116,853	140,4035	97,69102	Not OK	OK	1	-		
56	B2 as F joint 7-8	B2	195,55	323,49	253,006	126,503	139,7559	100,5077	Not OK	OK	1	-		
57	B12 as F joint 8-9	B12	195,55	323,49	263,879	131,939	139,4584	102,3691	Not OK	OK	1	-		
58	B2 as G joint 4-5	B2	195,55	323,49	279,155	139,578	143,6533	106,4034	Not OK	OK	1	-		
59	B4 as G joint 5-6	B4	195,55	323,49	301,771	150,885	139,4519	103,5224	Not OK	OK	2	-		
61	B2 as G joint 7-8	B2	195,55	323,49	252,065	126,032	166,5998	113,5874	Not OK	OK	1	-		
62	B2 as G joint 8-9	B2	195,55	323,49	259,108	129,554	148,0118	127,8934	Not OK	OK	1	-		
63	B3 as H joint 4-5	B3	195,55	323,49	234,263	117,131	152,59	118,79	Not OK	OK	1	-		
64	B4 as H joint 5-6	B4	195,55	323,49	232,059	116,030	159,51	148,77	Not OK	OK	1	-		
65	B3 as H joint 6-7	B3	195,55	323,49	216,125	108,062	142,7	107,69	Not OK	OK	1	-		
66	B3 as H joint 7-8	B3	195,55	323,49	219,325	109,662	145,97	108,65	Not OK	OK	1	-		
67	B3 as H joint 8-9	B3	195,55	323,49	225,865	112,932	151,76	122,93	Not OK	OK	1	-		

Tabel 6. 7 Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok Lantai 2 (mezz) (elv. +8.20)

Lantai 2 (mezz) (elv. +8.20)												
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil Hitungan Mpr		SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	T	L	CFRP WRAP (lapis)	
			ØVs(kN)	ØVs+Vc(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)			T	L
1	B2 as 1 joint C-E	B2	233,26	348,63	266,31755	59,957246	201,20	171,65	Not OK	OK	1	-
2	B2 as 2 joint C-E	B2	233,26	348,63	333,98755	26,122246	297,75	239,89	Not OK	OK	2	-
3	B1 as 3 joint C-E	B1	195,55	323,49	403,32666	8,547311	478,19	470,93	Not OK	Not OK	4	2
4	B2 as 4 joint A-B	B2	195,55	323,49	251,16617	67,532935	171,47	133,69	Not OK	OK	1	-
5	B2 as 4 joint B-C	B2	195,55	323,49	259,11617	63,557935	155,61	128,51	Not OK	OK	1	-
6	B2 as 4 joint C-D	B2	195,55	323,49	394,15086	3,959409	241,38	189,79	Not OK	OK	3	-
7	B2 as 4 joint D-G	B2	195,55	323,49	224,25617	80,987935	152,73	114,01	Not OK	OK	1	-
8	B2 as 4 joint G-H	B2	195,55	323,49	197,5825	94,324771	103,87	82,17	Not OK	OK	1	-
9	B2 as 5 joint A-B	B2	195,55	323,49	208,97617	88,627935	108,35	95,97	Not OK	OK	1	-
10	B2 as 5 joint B-C	B2	195,55	323,49	250,45617	67,887935	150,48	111,22	Not OK	OK	1	-
11	B2 as 5 joint C-D	B2	195,55	323,49	357,09086	14,570591	156,32	147,81	Not OK	OK	2	-
12	B2 as 5 joint D-G	B2	195,55	323,49	254,10617	66,062935	154,77	72,54	Not OK	OK	1	-
13	B2 as 5 joint G-H	B2	195,55	323,49	197,1225	94,554771	93,29	71,58	Not OK	OK	1	-
14	B2 as 6 joint A-B	B2	195,55	323,49	242,80903	71,711505	153,11	110,83	Not OK	OK	1	-
15	B2 as 6 joint B-C	B2	195,55	323,49	240,63409	72,798975	146,68	107,67	Not OK	OK	1	-
16	B2 as 6 joint C-F	B2	195,55	323,49	255,92611	65,152965	165,90	115,43	Not OK	OK	1	-
17	B5 as 6 joint F-G	B5	195,55	323,49	227,17965	79,526195	142,46	128,79	Not OK	OK	1	-
18	B5 as 6 joint G-H	B2	195,55	323,49	259,94531	63,143366	165,14	118,76	Not OK	OK	1	-
19	B3 as 7 joint A-B	B3	195,55	323,49	243,99106	71,120487	140,15	97,52	Not OK	OK	1	-
20	B3 as 7 joint B-C	B3	195,55	323,49	240,59536	72,818337	135,27	94,14	Not OK	OK	1	-
21	B3 as 7 joint C-F	B3	195,55	323,49	243,55216	71,339937	138,46	97,34	Not OK	OK	1	-
22	B5 as 7 joint F-G	B5	195,55	323,49	227,16213	79,534955	91,61	81,98	Not OK	OK	1	-
23	B3 as 7 joint G-H	B3	195,55	323,49	229,3616	78,43522	122,16	89,64	Not OK	OK	1	-
24	B3 as 8 joint A-B	B3	195,55	323,49	253,61826	66,306887	139,08	107,94	Not OK	OK	1	-
25	B3 as 8 joint B-C	B3	195,55	323,49	345,53016	20,350937	300,04	231,60	Not OK	OK	2	-
26	B12 as 8 joint C-D	B12	195,55	347,63	346,33163	44,089706	189,92	172,54	Not OK	OK	2	-
27	B12 as 8 joint D-F	B12	195,55	347,63	358,01243	38,249306	191,65	87,24	Not OK	OK	2	-
28	B5 as 8 joint F-G	B5	195,55	323,49	237,04143	74,595305	108,39	96,86	Not OK	OK	1	-
29	B3 as 8 joint G-H	B3	195,55	323,49	274,3308	55,95062	167,22	118,22	Not OK	OK	1	-
33	B5 as 9 joint F-G	B5	195,55	323,49	230,70534	77,76335	114,10	99,35	Not OK	OK	1	-
35	B3 as A joint 4-5	B3	195,55	323,49	230,82507	77,703483	152,66	123,19	Not OK	OK	1	-
36	B4 as A joint 5-6	B4	195,55	323,49	244,76052	70,735758	171,67	150,22	Not OK	OK	1	-
37	B3 as A joint 6-7	B3	195,55	323,49	214,49304	85,869497	141,21	110,24	Not OK	OK	1	-
40	B2 as B joint 4-5	B2	195,55	323,49	286,80813	49,711956	178,77	136,67	Not OK	OK	1	-
41	B4 as B joint 5-6	B4	195,55	323,49	287,77849	49,226773	134,02	128,96	Not OK	OK	1	-
42	B2 as B joint 6-7	B2	195,55	323,49	262,62583	61,803105	190,24	113,28	Not OK	OK	1	-
43	B2 as B joint 7-8	B2	195,55	323,49	219,8041	83,21397	169,17	128,08	Not OK	OK	1	-
44	B2 as B joint 8-9	B2	195,55	323,49	232,51829	76,856876	189,17	51,43	Not OK	OK	1	-
45	B8 as C joint 1-2	B8	195,55	360,73	258,73642	100,99294	140,43	96,55	Not OK	OK	1	-
46	B2 as C joint 2-3	B2	195,55	323,49	220,71534	82,758351	133,65	103,04	Not OK	OK	1	-
47	B2 as C joint 4-5	B2	195,55	323,49	281,42562	52,403211	120,50	135,35	Not OK	OK	1	-
48	B4 as C joint 5-6	B4	195,55	323,49	290,03616	48,097938	141,44	150,05	Not OK	OK	2	-
49	B2 as C joint 6-7	B2	195,55	323,49	234,43417	75,898935	177,02	153,03	Not OK	OK	1	-
50	B2 as C joint 7-8	B2	195,55	323,49	234,09217	76,069935	157,39	140,84	Not OK	OK	1	-
51	B12 as C joint 8-9	B12	195,55	323,49	237,59307	74,319486	132,02	124,52	Not OK	OK	1	-
52	B2 as D joint 4-5	B2	195,55	323,49	264,15328	61,039377	140,15	138,99	Not OK	OK	1	-
53	B8 as E joint 1-2	B8	195,55	360,73	236,51411	112,1041	104,00	97,08	Not OK	OK	1	-
54	B2 as E joint 2-3	B2	195,55	323,49	223,16831	81,531865	196,34	187,10	Not OK	OK	1	-
56	B2 as F joint 7-8	B2	195,55	323,49	242,54265	71,844696	126,89	129,87	Not OK	OK	1	-
57	B12 as F joint 8-9	B12	195,55	323,49	253,7233	66,254369	132,43	129,33	Not OK	OK	1	-
58	B2 as G joint 4-5	B2	195,55	323,49	269,32733	58,452353	116,73	124,26	Not OK	OK	1	-
59	B4 as G joint 5-6	B4	195,55	323,49	292,0806	47,07572	136,71	146,41	Not OK	OK	2	-
61	B2 as G joint 7-8	B2	195,55	323,49	241,6959	72,268071	123,10	129,05	Not OK	OK	1	-
62	B2 as G joint 8-9	B2	195,55	323,49	249,42946	68,401287	128,40	138,48	Not OK	OK	1	-

Tabel 6. 8 Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok Lantai 3 (elv. +11.70)

Lantai 3 (elv. +11.70)														
No	Nama Balok	Tipe Balok	Ekisting		Hasil Hitungan Mpr				SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	CFRP WRAP (lapis)	
			ØVs(kN)	ØVs+Vc(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)						
1	B2 as 1 joint C-E	B2	195.55	323.49	246.29	69.97	150.90	128.74	Not OK	OK	1	-		
2	B2 as 2 joint C-E	B2	195.55	323.49	297.04	44.60	223.31	179.92	Not OK	OK	2	-		
3	B1 as 3 joint C-E	B1	195.55	323.49	354.96	15.64	358.64	353.20	Not OK	OK	2	1		
4	B2 as 4 joint A-B	B2	195.55	323.49	225.47	80.38	128.60	100.27	Not OK	OK	1	-		
5	B2 as 4 joint B-C	B2	195.55	323.49	231.43	77.40	116.71	96.38	Not OK	OK	1	-		
6	B2 as 4 joint C-D	B2	195.55	323.49	377.48	4.38	181.04	142.34	Not OK	OK	2	-		
7	B2 as 4 joint D-G	B2	195.55	323.49	205.29	90.47	114.55	85.51	Not OK	OK	1	-		
10	B2 as 5 joint B-C	B2	195.55	323.49	224.94	80.65	112.86	83.42	Not OK	OK	1	-		
11	B2 as 5 joint C-D	B2	195.55	323.49	349.68	18.28	117.24	110.86	Not OK	OK	2	-		
12	B2 as 5 joint D-G	B2	195.55	323.49	227.67	79.28	116.08	54.41	Not OK	OK	1	-		
14	B2 as 6 joint A-B	B2	195.55	323.49	219.20	83.52	114.84	83.13	Not OK	OK	1	-		
15	B2 as 6 joint B-C	B2	195.55	323.49	217.57	84.33	110.01	80.75	Not OK	OK	1	-		
16	B2 as 6 joint C-F	B2	195.55	323.49	229.04	78.60	124.43	86.57	Not OK	OK	1	-		
17	B5 as 6 joint F-G	B5	195.55	323.49	219.02	83.61	106.84	96.59	Not OK	OK	1	-		
18	B5 as 6 joint G-H	B2	195.55	323.49	233.25	76.49	123.85	89.07	Not OK	OK	1	-		
19	B3 as 7 joint A-B	B3	195.55	323.49	215.22	85.51	105.11	73.14	Not OK	OK	1	-		
20	B3 as 7 joint B-C	B3	195.55	323.49	212.68	86.78	101.46	70.61	Not OK	OK	1	-		
21	B3 as 7 joint C-F	B3	195.55	323.49	214.89	85.67	103.85	73.01	Not OK	OK	1	-		
22	B5 as 7 joint F-G	B5	195.55	323.49	219.00	83.61	68.71	61.49	Not OK	OK	1	-		
23	B3 as 7 joint G-H	B3	195.55	323.49	205.29	90.47	91.62	67.23	Not OK	OK	1	-		
25	B3 as 8 joint B-C	B3	195.55	323.49	388.50	1.13	225.03	173.70	Not OK	OK	3	-		
26	B12 as 8 joint C-D	B12	195.55	347.63	456.74	11.12	142.44	129.41	Not OK	OK	3	-		
27	B12 as 8 joint D-F	B12	195.55	347.63	468.42	16.96	143.74	65.43	Not OK	OK	3	-		
28	B5 as 8 joint F-G	B5	195.55	323.49	301.88	42.18	81.29	72.64	Not OK	OK	2	-		
29	B3 as 8 joint G-H	B3	195.55	323.49	318.69	33.77	125.42	88.67	Not OK	OK	2	-		
31	B5 as 9 joint B-C	B5	195.55	323.49	196.49	94.87	78.78	54.44	Not OK	OK	1	-		
33	B5 as 9 joint F-G	B5	195.55	323.49	295.55	45.34	85.57	74.52	Not OK	OK	2	-		
34	B5 as 9 joint G-H	B5	195.55	323.49	219.51	83.36	97.20	70.23	Not OK	OK	1	-		
35	B3 as A joint 4-5	B3	195.55	323.49	283.21	51.51	114.49	92.39	Not OK	OK	1	-		
36	B4 as A joint 5-6	B4	195.55	323.49	313.05	36.59	128.75	112.66	Not OK	OK	2	-		
37	B3 as A joint 6-7	B3	195.55	323.49	257.46	64.38	105.91	82.68	Not OK	OK	1	-		
40	B2 as B joint 4-5	B2	195.55	323.49	347.10	19.57	134.08	102.50	Not OK	OK	2	-		
41	B4 as B joint 5-6	B4	195.55	323.49	356.07	15.08	100.52	96.72	Not OK	OK	2	-		
42	B2 as B joint 6-7	B2	195.55	323.49	312.08	37.07	142.68	84.96	Not OK	OK	2	-		
43	B2 as B joint 7-8	B2	195.55	323.49	269.26	58.48	126.87	96.06	Not OK	OK	1	-		
44	B2 as B joint 8-9	B2	195.55	323.49	286.63	49.80	141.88	38.57	Not OK	OK	1	-		
45	B8 as C joint 1-2	B2	195.55	360.73	310.46	75.13	105.32	72.41	Not OK	OK	1	-		
46	B2 as C joint 2-3	B2	195.55	323.49	263.49	61.37	100.24	77.28	Not OK	OK	1	-		
47	B2 as C joint 4-5	B2	195.55	323.49	341.72	22.26	90.38	101.51	Not OK	OK	2	-		
48	B4 as C joint 5-6	B4	195.55	323.49	358.33	13.95	106.08	112.54	Not OK	OK	2	-		
49	B2 as C joint 6-7	B2	195.55	323.49	283.89	51.17	132.77	114.77	Not OK	OK	1	-		
50	B2 as C joint 7-8	B2	195.55	323.49	283.55	51.34	118.04	105.63	Not OK	OK	1	-		
51	B12 as C joint 8-9	B12	195.55	323.49	291.70	47.27	99.02	93.39	Not OK	OK	2	-		
52	B2 as D joint 4-5	B2	195.55	323.49	324.45	30.89	105.11	104.24	Not OK	OK	2	-		
53	B8 as E joint 1-2	B2	195.55	360.73	288.23	86.24	78.00	72.81	Not OK	OK	1	-		
54	B2 as E joint 2-3	B2	195.55	323.49	265.94	60.14	147.26	140.33	Not OK	OK	1	-		
55	B2 as F joint 6-7	B2	195.55	323.49	226.63	79.80	104.57	102.92	Not OK	OK	1	-		
56	B2 as F joint 7-8	B2	195.55	323.49	292.00	47.12	95.17	97.40	Not OK	OK	2	-		
57	B12 as F joint 8-9	B12	195.55	323.49	307.83	39.20	99.32	97.00	Not OK	OK	2	-		
58	B2 as G joint 4-5	B2	195.55	323.49	329.62	28.31	87.55	93.20	Not OK	OK	2	-		
59	B4 as G joint 5-6	B4	195.55	323.49	360.37	12.93	102.53	109.81	Not OK	OK	2	-		
60	B2 as G joint 6-7	B2	195.55	323.49	233.50	76.36	98.78	99.31	Not OK	OK	1	-		
61	B2 as G joint 7-8	B2	195.55	323.49	291.15	47.54	92.33	96.79	Not OK	OK	2	-		
62	B2 as G joint 8-9	B2	195.55	323.49	303.54	41.35	96.30	103.86	Not OK	OK	2	-		

Tabel 6. 9 Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok Lantai 4 (elv. +15.70)

Lantai 4 (elv. +15.70)															
No	Nama Balok	Tipe Balok	Ekisting		Hasil Hitungan Mpr		SAP 2000		Keterangan		Perkuatan				
			T	L	T	L	T	L	T	L	CFRP WRAP (lapis)				
			$\phi V_s(kN)$	$\phi V_s+V_c(kN)$	$V_u(kN)$	$V_u(kN)$	$V_u(kN)$	$V_u(kN)$			T	L			
1	B2 as 1 joint C-E	B2	195,55	323,49	226,26	79,99	140,84	120,16	Not OK	OK	1	-			
2	B2 as 2 joint C-E	B2	195,55	323,49	260,09	63,07	208,43	167,92	Not OK	OK	1	-			
3	B1 as 3 joint C-E	B1	195,55	323,49	306,59	39,82	334,73	329,65	Not OK	OK	2	1			
4	B2 as 4 joint A-B	B2	195,55	323,49	199,77	93,23	120,03	93,58	Not OK	OK	1	-			
5	B2 as 4 joint B-C	B2	195,55	323,49	203,75	91,24	108,93	89,96	Not OK	OK	1	-			
6	B2 as 4 joint C-D	B2	195,55	323,49	360,80	12,72	168,97	132,85	Not OK	OK	2	-			
10	B2 as 5 joint B-C	B2	195,55	323,49	199,42	93,41	105,34	77,85	Not OK	OK	1	-			
11	B2 as 5 joint C-D	B2	195,55	323,49	342,27	21,98	109,42	103,47	Not OK	OK	2	-			
12	B2 as 5 joint D-G	B2	195,55	323,49	201,24	92,50	108,34	50,78	Not OK	OK	1	-			
14	B2 as 6 joint A-B	B2	195,55	323,49	195,59	95,32	107,18	77,58	Not OK	OK	1	-			
16	B2 as 6 joint C-F	B2	195,55	323,49	202,15	92,04	116,13	80,80	Not OK	OK	1	-			
17	B5 as 6 joint F-G	B5	195,55	323,49	210,85	87,69	99,72	90,16	Not OK	OK	1	-			
18	B5 as 6 joint G-H	B2	195,55	323,49	206,55	89,84	115,59	83,13	Not OK	OK	1	-			
22	B5 as 7 joint F-G	B5	195,55	323,49	210,84	87,70	64,13	57,39	Not OK	OK	1	-			
25	B3 as 8 joint B-C	B3	195,55	323,49	316,30	34,97	210,03	162,12	Not OK	OK	2	-			
26	B12 as 8 joint C-D	B12	195,55	347,63	451,71	8,60	132,94	120,78	Not OK	OK	3	-			
27	B12 as 8 joint D-F	B12	195,55	347,63	459,49	12,49	134,16	61,07	Not OK	OK	3	-			
28	B5 as 8 joint F-G	B5	195,55	323,49	287,71	49,26	75,87	67,80	Not OK	OK	1	-			
29	B3 as 8 joint G-H	B3	195,55	323,49	271,60	57,31	117,06	82,76	Not OK	OK	1	-			
33	B5 as 9 joint F-G	B5	195,55	323,49	283,48	51,37	79,87	69,55	Not OK	OK	1	-			
35	B3 as A joint 4-5	B3	195,55	323,49	258,65	63,79	106,86	86,23	Not OK	OK	1	-			
36	B4 as A joint 5-6	B4	195,55	323,49	299,75	43,24	120,17	105,15	Not OK	OK	2	-			
37	B3 as A joint 6-7	B3	195,55	323,49	228,94	78,65	98,85	77,17	Not OK	OK	1	-			
40	B2 as B joint 4-5	B2	195,55	323,49	311,79	37,22	125,14	95,67	Not OK	OK	2	-			
41	B4 as B joint 5-6	B4	195,55	323,49	328,43	28,90	93,81	90,27	Not OK	OK	2	-			
42	B2 as B joint 6-7	B2	195,55	323,49	274,00	56,12	133,17	79,29	Not OK	OK	1	-			
43	B2 as B joint 7-8	B2	195,55	323,49	245,45	70,39	118,42	89,65	Not OK	OK	1	-			
44	B2 as B joint 8-9	B2	195,55	323,49	263,23	61,50	132,42	36,00	Not OK	OK	1	-			
45	B8 as C joint 1-2	B2	195,55	360,73	275,93	92,40	98,30	67,59	Not OK	OK	1	-			
46	B2 as C joint 2-3	B2	195,55	323,49	232,69	76,77	93,56	72,13	Not OK	OK	1	-			
47	B2 as C joint 4-5	B2	195,55	323,49	308,20	39,01	84,35	94,75	Not OK	OK	2	-			
48	B4 as C joint 5-6	B4	195,55	323,49	329,94	28,15	99,01	105,04	Not OK	OK	2	-			
49	B2 as C joint 6-7	B2	195,55	323,49	255,21	65,51	123,91	107,12	Not OK	OK	1	-			
50	B2 as C joint 7-8	B2	195,55	323,49	254,98	65,63	110,17	98,59	Not OK	OK	1	-			
51	B12 as C joint 8-9	B12	195,55	323,49	266,61	59,81	92,41	87,16	Not OK	OK	1	-			
52	B2 as D joint 4-5	B2	195,55	323,49	296,69	44,77	98,11	97,29	Not OK	OK	2	-			
53	B8 as E joint 1-2	B2	195,55	360,73	261,11	99,80	72,80	67,96	Not OK	OK	1	-			
54	B2 as E joint 2-3	B2	195,55	323,49	234,33	75,95	137,44	130,97	Not OK	OK	1	-			
55	B2 as F joint 6-7	B2	195,55	323,49	217,03	84,60	97,60	96,06	Not OK	OK	1	-			
56	B2 as F joint 7-8	B2	195,55	323,49	260,61	62,81	88,82	90,91	Not OK	OK	1	-			
57	B12 as F joint 8-9	B12	195,55	323,49	277,37	54,43	92,70	90,53	Not OK	OK	1	-			
58	B2 as G joint 4-5	B2	195,55	323,49	300,14	43,05	81,71	86,98	Not OK	OK	2	-			
59	B4 as G joint 5-6	B4	195,55	323,49	331,30	27,47	95,70	102,49	Not OK	OK	2	-			
60	B2 as G joint 6-7	B2	195,55	323,49	221,61	82,31	92,19	92,69	Not OK	OK	1	-			
61	B2 as G joint 7-8	B2	195,55	323,49	260,05	63,09	86,17	90,34	Not OK	OK	1	-			
62	B2 as G joint 8-9	B2	195,55	323,49	274,50	55,86	89,88	96,94	Not OK	OK	1	-			

Tabel 6. 10 Rekapitulasi Perkuatan Geser Kolom Lantai 1-2 (elv. +0.00 s/d +4.50)

Lantai 1-2 (elv. +0.00 s/d +4.50)										
No	Lokasi Kolom	Tipe Kolom	Ekisting	Confinement	Mpr Balok	SAP 2000	Keterangan		Perkuatan	
			ØVs (kN)	ØVs (kN)	Ve1 (kN)	Vu (kN)	Lo T	Luar Lo L	CFRP WRAP (lapis) T	L
1	As 1 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	270,275	Not OK	OK	4	-
2	As 1 joint E	K3	109,63	571,29	221,59	277,639	Not OK	OK	4	-
3	As 2 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	123,339	Not OK	OK	4	-
4	As 2 joint E	K3	109,63	571,29	221,59	122,802	Not OK	OK	4	-
5	As 3 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	176,669	Not OK	OK	4	-
6	As 3 joint E	K3	109,63	571,29	221,59	235,758	Not OK	OK	4	-
7	As 4 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	235,758	Not OK	OK	4	-
8	As 4 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	115,043	Not OK	OK	4	-
9	As 4 joint C	K2	109,63	571,29	221,59	113,433	Not OK	OK	4	-
10	As 4 joint D	K2	109,63	571,29	221,59	133,237	Not OK	OK	4	-
11	As 4 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	126,427	Not OK	OK	4	-
12	As 4 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	115,374	Not OK	OK	4	-
13	As 5 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	95,339	Not OK	OK	4	-
14	As 5 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	91,127	Not OK	OK	4	-
15	As 5 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	111,865	Not OK	OK	4	-
16	As 5 joint D	K3	109,63	571,29	221,59	119,295	Not OK	OK	4	-
17	As 5 joint G	K2	109,63	571,29	221,59	92,496	Not OK	OK	4	-
18	As 5 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	95,419	Not OK	OK	4	-
19	As 6 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	85,672	Not OK	OK	4	-
20	As 6 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	76,788	Not OK	OK	4	-
21	As 6 joint C	K0	109,63	571,29	221,59	82,174	Not OK	OK	4	-
22	As 6 joint F	K3	109,63	571,29	221,59	105,903	Not OK	OK	4	-
23	As 6 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	104,109	Not OK	OK	4	-
24	As 6 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	87,833	Not OK	OK	4	-
25	As 7 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	80,614	Not OK	OK	4	-
26	As 7 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	56,651	Not OK	OK	4	-
27	As 7 joint C	K1	109,63	571,29	221,59	59,053	Not OK	OK	4	-
28	As 7 joint F	K3	109,63	571,29	221,59	86,406	Not OK	OK	4	-
29	As 7 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	82,459	Not OK	OK	4	-
30	As 7 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	73,299	Not OK	OK	4	-
31	As 8 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	107,449	Not OK	OK	4	-
32	As 8 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	46,271	Not OK	OK	4	-
33	As 8 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	92,335	Not OK	OK	4	-
34	As 8 joint D	K2	109,63	571,29	221,59	49,206	Not OK	OK	4	-
35	As 8 joint F	K3	109,63	571,29	221,59	70,303	Not OK	OK	4	-
36	As 8 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	82,154	Not OK	OK	4	-
37	As 8 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	73,344	Not OK	OK	4	-
38	As 9 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	85,771	Not OK	OK	4	-
39	As 9 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	117,872	Not OK	OK	4	-
40	As 9 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	148,142	Not OK	OK	4	-
41	As 9 joint F	K3	109,63	571,29	221,59	69,505	Not OK	OK	4	-
42	As 9 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	72,387	Not OK	OK	4	-
43	As 9 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	64,667	Not OK	OK	4	-

6.2 Saran

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat diambil beberapa saran untuk kemajuan penulis Tugas Akhir, diantaranya:

- a. Pada saat melakukan analisis, ketelitian adalah salah satu hal yang sangat penting untuk diperhatikan agar bisa meminimalisir terjadinya kesalahan.
- b. Perlu peningkatan konsep tentang perkuatan dengan material *CFRP* mengingat masih sedikit penggunaannya di Indonesia.
- c. Agar perkuatan ini dapat menjadi tepat guna, maka metode pelaksanaan sangat perlu untuk diperhatikan.
- d. *CFRP* sangat efisien dan mudah dalam pengerjaannya, untuk itu disarankan supaya menggunakan *CFRP* untuk mengatasi masalah perkuatan struktur.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta: BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2015. *SNI 03-1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.

Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2009. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: Penerbit ITB.

Wang, Chu-Kia, dan Charles G. Salmon. (1989). *Disain Beton Bertulang Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Wang, Chu-Kia, dan Charles G. Salmon. (1999). *Disain Beton Bertulang Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Darmawan, Muhammad Sigit (2014). *Inspeksi & Perkuatan Bangunan Beton Akibat Korosi*. Surabaya: Penerbit Itspress

American Concrete Institue (ACI) Committee 440. “*Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*”.ACI 440.2R-08.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 15 bulan Juni tahun 1994 dan merupakan anak kelima dari enam bersaudara. Penulis bernama lengkap Moh. Safi'i Mansur ini merupakan lulusan dari SD Negeri 1 Grojogan, juga pernah bersekolah di SMP Negeri 6 Nganjuk, SMK Negeri 1 Nganjuk jurusan Teknik Gambar Bangunan dan Program Studi D-III Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS Surabaya konsentrasi Bangunan Gedung yang ditempuh selama 3 tahun dan lulus pada tahun 2017. Setelah lulus dari D-III Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS Surabaya penulis melanjutkan pendidikan D-IV Teknik Infrastruktur FV-ITS Surabaya pada tahun 2017 dan terdaftar dengan NRP. 10111715000047. Apabila ada yang ingin ditanyakan terkait tugas akhir ini dapat menghubungi penulis pada alamat email berikut mohsafiimansur@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Rekapitulasi Perkuatan Lentur Balok

Lantai 2 (elev. +4.50)										
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	CFRP TAPE (strip)	
			Ø(MackNm)	Ø(MackNm)	MackNm)	MackNm)			T	L
1	B7 as 2 joint C-E	B7	468.90	468.90	561.78	261.55	Not OK	OK	2	-
2	B7 as 2 joint C-E	B7	468.90	468.90	608.97	235.66	Not OK	OK	3	-
3	B1 as 3 joint C-E	B1	430.50	430.50	651.24	636.62	Not OK	Not OK	5	5
4	B2 as 4 joint A-B	B2	387.20	387.20	349.56	141.23	OK	OK	-	-
5	B2 as 4 joint B-C	B2	387.20	387.20	338.85	119.41	OK	OK	-	-
6	B2 as 4 joint C-D	B2	387.20	387.20	352.12	150.13	OK	OK	-	-
7	B2 as 4 joint D-G	B2	387.20	387.20	296.94	101.81	OK	OK	-	-
8	B2 as 4 joint G-H	B2	387.20	387.20	347.51	142.05	OK	OK	-	-
9	B2 as 5 joint A-B	B2	387.20	387.20	310.57	121.94	OK	OK	-	-
10	B2 as 5 joint B-C	B2	387.20	387.20	304.14	114.03	OK	OK	-	-
11	B2 as 5 joint C-D	B2	387.20	387.20	268.60	125.49	OK	OK	-	-
12	B2 as 5 joint D-G	B2	387.20	387.20	316.90	138.71	OK	OK	-	-
13	B2 as 5 joint G-H	B2	387.20	387.20	309.93	122.32	OK	OK	-	-
14	B2 as 6 joint A-B	B2	387.20	387.20	295.30	134.11	OK	OK	-	-
15	B2 as 6 joint B-C	B2	387.20	387.20	291.26	120.21	OK	OK	-	-
16	B2 as 6 joint C-F	B2	387.20	387.20	306.64	138.36	OK	OK	-	-
17	B5 as 6 joint F-G	B5	250.50	250.50	236.49	112.43	OK	OK	-	-
18	B5 as 6 joint G-H	B2	387.20	387.20	291.62	143.66	OK	OK	-	-
19	B3 as 7 joint A-B	B3	342.80	342.80	300.51	172.84	OK	OK	-	-
20	B3 as 7 joint B-C	B3	342.80	342.80	303.83	153.82	OK	OK	-	-
21	B3 as 7 joint C-F	B3	342.80	342.80	305.43	167.86	OK	OK	-	-
22	B5 as 5 joint F-G	B5	250.50	250.50	196.31	95.66	OK	OK	-	-
23	B3 as 7 joint G-H	B3	342.80	342.80	261.11	161.63	OK	OK	-	-
24	B3 as 8 joint A-B	B3	342.80	342.80	225.75	176.30	OK	OK	-	-
25	B3 as 8 joint B-C	B3	342.80	342.80	308.51	156.30	OK	OK	-	-
26	B12 as 8 joint C-D	B12	391.30	391.30	164.95	139.60	OK	OK	-	-
27	B12 as 8 joint D-F	B12	391.30	391.30	152.98	73.73	OK	OK	-	-
28	B5 as 8 joint F-G	B5	250.50	250.50	172.73	75.83	OK	OK	-	-
29	B3 as 8 joint G-H	B3	342.80	342.80	279.87	183.83	OK	OK	-	-
30	B5 as 9 joint A-B	B5	250.50	250.50	170.50	89.14	OK	OK	-	-
31	B5 as 9 joint B-C	B5	250.50	250.50	176.91	78.97	OK	OK	-	-
32	B5 as 9 joint C-F	B5	250.50	250.50	184.81	70.67	OK	OK	-	-
33	B5 as 9 joint F-G	B5	250.50	250.50	168.05	75.95	OK	OK	-	-
34	B5 as 9 joint G-H	B5	250.50	250.50	222.66	100.59	OK	OK	-	-
35	B3 as A joint 4-5	B3	342.80	342.80	321.25	138.89	OK	OK	-	-
36	B4 as A joint 5-6	B4	297.20	297.20	307.82	139.32	Not OK	OK	1	-
37	B3 as A joint 6-7	B3	342.80	342.80	291.74	108.42	OK	OK	-	-
38	B4 as A joint 7-8	B4	297.20	297.20	294.32	115.89	OK	OK	-	-
39	B4 as A joint 8-9	B4	297.20	297.20	217.28	114.36	OK	OK	-	-
40	B2 as B joint 4-5	B2	387.20	387.20	344.35	127.93	OK	OK	-	-
41	B4 as B joint 5-6	B4	297.20	297.20	328.65	118.54	Not OK	OK	1	-
42	B2 as B joint 6-7	B2	387.20	387.20	236.31	92.42	OK	OK	-	-
43	B2 as B joint 7-8	B2	387.20	387.20	318.54	129.40	OK	OK	-	-
44	B2 as B joint 8-9	B2	387.20	387.20	226.43	147.24	OK	OK	-	-
45	B8 as C joint 1-2	B8	468.90	468.90	314.03	119.73	OK	OK	-	-
46	B2 as C joint 2-3	B2	387.20	387.20	317.35	174.52	OK	OK	-	-
47	B2 as C joint 4-5	B2	387.20	387.20	274.89	146.62	OK	OK	-	-
48	B4 as C joint 5-6	B4	297.20	297.20	265.76	120.48	OK	OK	-	-
49	B2 as C joint 6-7	B2	387.20	387.20	219.65	113.07	OK	OK	-	-
50	B2 as C joint 7-8	B2	387.20	387.20	366.28	142.17	OK	OK	-	-
51	B12 as C joint 8-9	B12	391.30	391.30	311.38	123.86	OK	OK	-	-
52	B2 as D joint 4-5	B2	387.20	387.20	243.92	110.77	OK	OK	-	-
53	B8 as E joint 1-2	B8	468.90	468.90	240.58	99.29	OK	OK	-	-
54	B2 as E joint 2-3	B2	387.20	387.20	253.28	114.29	OK	OK	-	-
55	B2 as F joint 6-7	B2	387.20	387.20	195.34	92.87	OK	OK	-	-
56	B2 as F joint 7-8	B2	387.20	387.20	240.88	118.66	OK	OK	-	-
57	B12 as F joint 8-9	B12	391.30	391.30	270.27	111.55	OK	OK	-	-
58	B2 as G joint 4-5	B2	387.20	387.20	286.78	112.60	OK	OK	-	-
59	B4 as G joint 5-6	B4	297.20	297.20	280.84	105.30	OK	OK	-	-
60	B2 as G joint 6-7	B2	387.20	387.20	248.03	115.88	OK	OK	-	-
61	B2 as G joint 7-8	B2	387.20	387.20	292.63	128.08	OK	OK	-	-
62	B2 as G joint 8-9	B2	387.20	387.20	286.19	112.95	OK	OK	-	-
63	B3 as H joint 4-5	B3	342.80	342.80	313.07	127.52	OK	OK	-	-
64	B4 as H joint 5-6	B4	297.20	297.20	278.34	132.01	OK	OK	-	-
65	B3 as H joint 6-7	B3	342.80	342.80	296.03	107.58	OK	OK	-	-
66	B3 as H joint 7-8	B3	342.80	342.80	309.26	103.23	OK	OK	-	-
67	B3 as H joint 8-9	B3	342.80	342.80	310.35	130.38	OK	OK	-	-

Lantai 2 (mezz) (elev. +8.20)										
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	CFRP TAPE (strip)	
			ØMn(kNm)	ØMn(kNm)	Mu(kNm)	Mu(kNm)			T	L
1	B2 as 1 joint C-E	B2	387,20	387,20	438,91	191,13	Not OK	OK	2	-
2	B2 as 2 joint C-E	B2	387,20	387,20	544,43	198,42	Not OK	OK	4	-
3	B1 as 3 joint C-E	B1	430,50	430,50	550,99	530,18	Not OK	Not OK	3	3
4	B2 as 4 joint A-B	B2	387,20	387,20	362,59	139,85	OK	OK	-	-
5	B2 as 4 joint B-C	B2	387,20	387,20	344,72	124,32	OK	OK	-	-
6	B2 as 4 joint C-D	B2	387,20	387,20	337,91	143,17	OK	OK	-	-
7	B2 as 4 joint D-G	B2	387,20	387,20	317,25	124,75	OK	OK	-	-
8	B2 as 4 joint G-H	B2	387,20	387,20	234,41	106,76	OK	OK	-	-
9	B2 as 5 joint A-B	B2	387,20	387,20	231,16	89,28	OK	OK	-	-
10	B2 as 5 joint B-C	B2	387,20	387,20	297,14	118,68	OK	OK	-	-
11	B2 as 5 joint C-D	B2	387,20	387,20	254,17	125,54	OK	OK	-	-
12	B2 as 5 joint D-G	B2	387,20	387,20	271,56	147,58	OK	OK	-	-
13	B2 as 5 joint G-H	B2	387,20	387,20	229,79	91,40	OK	OK	-	-
14	B2 as 6 joint A-B	B2	387,20	387,20	288,21	130,89	OK	OK	-	-
15	B2 as 6 joint B-C	B2	387,20	387,20	284,27	117,32	OK	OK	-	-
16	B2 as 6 joint C-F	B2	387,20	387,20	299,28	135,04	OK	OK	-	-
17	B5 as 6 joint F-G	B5	250,50	250,50	230,81	109,73	OK	OK	-	-
18	B5 as 6 joint G-H	B2	387,20	387,20	284,62	140,21	OK	OK	-	-
19	B3 as 7 joint A-B	B3	342,80	342,80	231,39	133,09	OK	OK	-	-
20	B3 as 7 joint B-C	B3	342,80	342,80	233,95	118,44	OK	OK	-	-
21	B3 as 7 joint C-F	B3	342,80	342,80	235,18	129,25	OK	OK	-	-
22	B5 as 7 joint F-G	B5	250,50	250,50	151,16	73,66	OK	OK	-	-
23	B3 as 7 joint G-H	B3	342,80	342,80	201,05	124,46	OK	OK	-	-
24	B3 as 8 joint A-B	B3	342,80	342,80	209,95	163,96	OK	OK	-	-
25	B3 as 8 joint B-C	B3	342,80	342,80	286,91	145,36	OK	OK	-	-
26	B12 as 8 joint C-D	B12	391,30	391,30	153,40	129,83	OK	OK	-	-
27	B12 as 8 joint D-F	B12	391,30	391,30	142,27	68,57	OK	OK	-	-
28	B5 as 8 joint F-G	B5	250,50	250,50	160,64	70,52	OK	OK	-	-
29	B3 as 8 joint G-H	B3	342,80	342,80	260,28	170,96	OK	OK	-	-
30	B5 as 9 joint A-B	B5	250,50	250,50	174,42	91,19	OK	OK	-	-
31	B5 as 9 joint B-C	B5	250,50	250,50	180,98	80,79	OK	OK	-	-
32	B5 as 9 joint C-F	B5	250,50	250,50	189,06	72,30	OK	OK	-	-
33	B5 as 9 joint F-G	B5	250,50	250,50	171,92	77,70	OK	OK	-	-
34	B5 as 9 joint G-H	B5	250,50	250,50	227,78	102,90	OK	OK	-	-
35	B3 as A joint 4-5	B3	342,80	342,80	316,11	136,67	OK	OK	-	-
36	B4 as A joint 5-6	B4	297,20	297,20	302,89	137,09	Not OK	OK	1	-
37	B3 as A joint 6-7	B3	342,80	342,80	287,07	106,69	OK	OK	-	-
38	B4 as A joint 7-8	B4	297,20	297,20	289,61	114,04	OK	OK	-	-
39	B4 as A joint 8-9	B4	297,20	297,20	213,80	112,53	OK	OK	-	-
40	B2 as B joint 4-5	B2	387,20	387,20	335,05	124,48	OK	OK	-	-
41	B4 as B joint 5-6	B4	297,20	297,20	319,78	115,34	Not OK	OK	1	-
42	B2 as B joint 6-7	B2	387,20	387,20	229,93	89,92	OK	OK	-	-
43	B2 as B joint 7-8	B2	387,20	387,20	309,94	125,91	OK	OK	-	-
44	B2 as B joint 8-9	B2	387,20	387,20	220,32	143,26	OK	OK	-	-
45	B8 as C joint 1-2	B2	387,20	387,20	296,00	103,12	OK	OK	-	-
46	B2 as C joint 2-3	B2	387,20	387,20	287,43	114,47	OK	OK	-	-
47	B2 as C joint 4-5	B2	387,20	387,20	341,53	182,93	OK	OK	-	-
48	B4 as C joint 5-6	B4	297,20	297,20	307,43	171,94	Not OK	OK	1	-
49	B2 as C joint 6-7	B2	387,20	387,20	394,64	212,57	Not OK	OK	1	-
50	B2 as C joint 7-8	B2	387,20	387,20	336,84	152,69	OK	OK	-	-
51	B12 as C joint 8-9	B12	391,30	391,30	195,47	146,45	OK	OK	-	-
52	B2 as D joint 4-5	B2	387,20	387,20	343,94	178,41	OK	OK	-	-
53	B8 as E joint 1-2	B2	387,20	387,20	300,89	141,08	OK	OK	-	-
54	B2 as E joint 2-3	B2	387,20	387,20	445,30	229,53	Not OK	OK	2	-
55	B2 as F joint 6-7	B2	387,20	387,20	372,71	190,60	OK	OK	-	-
56	B2 as F joint 7-8	B2	387,20	387,20	334,98	162,45	OK	OK	-	-
57	B12 as F joint 8-9	B12	391,30	391,30	219,76	146,11	OK	OK	-	-
58	B2 as G joint 4-5	B2	387,20	387,20	329,54	159,11	OK	OK	-	-
59	B4 as G joint 5-6	B4	297,20	297,20	269,45	157,03	OK	OK	-	-
60	B2 as G joint 6-7	B2	387,20	387,20	359,97	183,00	OK	OK	-	-
61	B2 as G joint 7-8	B2	387,20	387,20	354,68	178,82	OK	OK	-	-
62	B2 as G joint 8-9	B2	387,20	387,20	345,68	181,97	OK	OK	-	-
63	B3 as H joint 4-5	B3	342,80	342,80	301,33	123,90	OK	OK	-	-
64	B4 as H joint 5-6	B4	297,20	297,20	301,56	164,54	Not OK	OK	1	-
65	B3 as H joint 6-7	B3	342,80	342,80	324,89	153,60	OK	OK	-	-
66	B3 as H joint 7-8	B3	342,80	342,80	325,48	150,55	OK	OK	-	-
67	B3 as H joint 8-9	B3	342,80	342,80	310,45	152,18	OK	OK	-	-

Lantai 3 (elev. +11.70)										
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	CFRP TAPE (strip)	
			ØMn(kNm)	ØMn(kNm)	Mu(kNm)	Mu(kNm)			T	L
1	B2 as 1 joint C-E	B2	387,20	387,20	441,81	190,02	Not OK	OK	2	-
2	B2 as 2 joint C-E	B2	387,20	387,20	467,04	161,66	Not OK	OK	2	-
3	B1 as 3 joint C-E	B1	430,50	430,50	457,68	431,48	Not OK	Not OK	1	1
4	B2 as 4 joint A-B	B2	387,20	387,20	368,39	142,33	OK	OK	-	-
5	B2 as 4 joint B-C	B2	387,20	387,20	346,64	127,54	OK	OK	-	-
6	B2 as 4 joint C-D	B2	387,20	387,20	317,89	134,40	OK	OK	-	-
7	B2 as 4 joint D-G	B2	387,20	387,20	309,99	112,08	OK	OK	-	-
8	B2 as 4 joint G-H	B2	387,20	387,20	335,64	143,28	OK	OK	-	-
9	B2 as 5 joint A-B	B2	387,20	387,20	208,04	80,35	OK	OK	-	-
10	B2 as 5 joint B-C	B2	387,20	387,20	267,43	106,81	OK	OK	-	-
11	B2 as 5 joint C-D	B2	387,20	387,20	228,75	112,99	OK	OK	-	-
12	B2 as 5 joint D-G	B2	387,20	387,20	244,40	132,82	OK	OK	-	-
13	B2 as 5 joint G-H	B2	387,20	387,20	206,81	82,26	OK	OK	-	-
14	B2 as 6 joint A-B	B2	387,20	387,20	259,39	117,80	OK	OK	-	-
15	B2 as 6 joint B-C	B2	387,20	387,20	255,84	105,59	OK	OK	-	-
16	B2 as 6 joint C-F	B2	387,20	387,20	269,35	121,54	OK	OK	-	-
17	B5 as 6 joint F-G	B5	250,50	250,50	207,73	98,76	OK	OK	-	-
18	B5 as 6 joint G-H	B2	387,20	387,20	256,16	126,19	OK	OK	-	-
19	B3 as 7 joint A-B	B3	342,80	342,80	208,25	119,78	OK	OK	-	-
20	B3 as 7 joint B-C	B3	342,80	342,80	210,55	106,60	OK	OK	-	-
21	B3 as 7 joint C-F	B3	342,80	342,80	211,66	116,33	OK	OK	-	-
22	B5 as 7 joint F-G	B5	250,50	250,50	136,04	66,29	OK	OK	-	-
23	B3 as 7 joint G-H	B3	342,80	342,80	180,95	112,01	OK	OK	-	-
25	B3 as 8 joint B-C	B3	342,80	342,80	258,22	130,82	OK	OK	-	-
26	B12 as 8 joint C-D	B12	391,30	391,30	138,06	116,85	OK	OK	-	-
27	B12 as 8 joint D-F	B12	391,30	391,30	128,04	61,71	OK	OK	-	-
28	B5 as 8 joint F-G	B5	250,50	250,50	144,58	63,47	OK	OK	-	-
29	B3 as 8 joint G-H	B3	342,80	342,80	234,25	153,87	OK	OK	-	-
31	B5 as 9 joint B-C	B5	250,50	250,50	162,88	72,71	OK	OK	-	-
32	B5 as 9 joint C-F	B5	250,50	250,50	170,15	65,07	OK	OK	-	-
33	B5 as 9 joint F-G	B5	250,50	250,50	154,72	69,93	OK	OK	-	-
34	B5 as 9 joint G-H	B5	250,50	250,50	205,00	92,61	OK	OK	-	-
35	B3 as A joint 4-5	B3	342,80	342,80	284,50	123,00	OK	OK	-	-
36	B4 as A joint 5-6	B4	297,20	297,20	272,61	123,38	OK	OK	-	-
37	B3 as A joint 6-7	B3	342,80	342,80	258,36	96,02	OK	OK	-	-
40	B2 as B joint 4-5	B2	387,20	387,20	301,55	112,03	OK	OK	-	-
41	B4 as B joint 5-6	B4	297,20	297,20	287,80	103,81	OK	OK	-	-
42	B2 as B joint 6-7	B2	387,20	387,20	206,94	80,93	OK	OK	-	-
43	B2 as B joint 7-8	B2	387,20	387,20	278,95	113,32	OK	OK	-	-
44	B2 as B joint 8-9	B2	387,20	387,20	198,28	128,94	OK	OK	-	-
45	B8 as C joint 1-2	B2	387,20	387,20	266,40	92,81	OK	OK	-	-
46	B2 as C joint 2-3	B2	387,20	387,20	258,69	103,02	OK	OK	-	-
47	B2 as C joint 4-5	B2	387,20	387,20	307,38	164,64	OK	OK	-	-
48	B4 as C joint 5-6	B4	297,20	297,20	276,69	154,75	OK	OK	-	-
49	B2 as C joint 6-7	B2	387,20	387,20	355,18	191,31	OK	OK	-	-
50	B2 as C joint 7-8	B2	387,20	387,20	303,16	137,42	OK	OK	-	-
51	B12 as C joint 8-9	B12	391,30	391,30	175,92	131,81	OK	OK	-	-
52	B2 as D joint 4-5	B2	387,20	387,20	309,55	160,57	OK	OK	-	-
53	B8 as E joint 1-2	B2	387,20	387,20	270,80	126,97	OK	OK	-	-
54	B2 as E joint 2-3	B2	387,20	387,20	400,77	206,58	Not OK	OK	1	-
55	B2 as F joint 6-7	B2	387,20	387,20	335,44	171,54	OK	OK	-	-
56	B2 as F joint 7-8	B2	387,20	387,20	301,48	146,21	OK	OK	-	-
57	B12 as F joint 8-9	B12	391,30	391,30	197,78	131,50	OK	OK	-	-
58	B2 as G joint 4-5	B2	387,20	387,20	296,59	143,20	OK	OK	-	-
59	B4 as G joint 5-6	B4	297,20	297,20	242,51	141,33	OK	OK	-	-
60	B2 as G joint 6-7	B2	387,20	387,20	323,97	164,70	OK	OK	-	-
61	B2 as G joint 7-8	B2	387,20	387,20	319,21	160,94	OK	OK	-	-
62	B2 as G joint 8-9	B2	387,20	387,20	311,11	163,77	OK	OK	-	-
63	B3 as H joint 4-5	B3	342,80	342,80	271,20	111,51	OK	OK	-	-
64	B4 as H joint 5-6	B4	297,20	297,20	271,40	148,09	OK	OK	-	-
65	B3 as H joint 6-7	B3	342,80	342,80	292,40	138,24	OK	OK	-	-
66	B3 as H joint 7-8	B3	342,80	342,80	292,93	135,50	OK	OK	-	-
67	B3 as H joint 8-9	B3	342,80	342,80	279,41	136,96	OK	OK	-	-

Lantai 4 (elev. +15.70)										
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	CFRP TAPE (strip)	
			ØMn(kNm)	ØMn(kNm)	Mu(kNm)	Mu(kNm)			T	L
1	B2 as 1 joint C-E	B2	387,20	387,20	402,78	170,82	Not OK	OK	1	-
2	B2 as 2 joint C-E	B2	387,20	387,20	431,17	151,18	Not OK	OK	1	-
3	B1 as 3 joint C-E	B1	430,50	430,50	370,86	341,39	OK	OK	-	-
4	B2 as 4 joint A-B	B2	387,20	387,20	363,15	142,32	OK	OK	-	-
5	B2 as 4 joint B-C	B2	387,20	387,20	334,68	126,53	OK	OK	-	-
6	B2 as 4 joint C-D	B2	387,20	387,20	286,08	120,48	OK	OK	-	-
7	B2 as 4 joint D-G	B2	387,20	387,20	300,49	113,07	OK	OK	-	-
8	B2 as 4 joint G-H	B2	387,20	387,20	319,89	142,17	OK	OK	-	-
9	B2 as 5 joint A-B	B2	387,20	387,20	175,68	67,85	OK	OK	-	-
10	B2 as 5 joint B-C	B2	387,20	387,20	225,83	90,20	OK	OK	-	-
11	B2 as 5 joint C-D	B2	387,20	387,20	193,17	95,41	OK	OK	-	-
12	B2 as 5 joint D-G	B2	387,20	387,20	206,39	112,16	OK	OK	-	-
13	B2 as 5 joint G-H	B2	387,20	387,20	174,64	69,46	OK	OK	-	-
14	B2 as 6 joint A-B	B2	387,20	387,20	219,04	99,48	OK	OK	-	-
15	B2 as 6 joint B-C	B2	387,20	387,20	216,05	89,17	OK	OK	-	-
16	B2 as 6 joint C-F	B2	387,20	387,20	227,45	102,63	OK	OK	-	-
17	B5 as 6 joint F-G	B5	250,50	250,50	175,42	83,40	OK	OK	-	-
18	B5 as 6 joint G-H	B2	387,20	387,20	216,31	106,56	OK	OK	-	-
19	B3 as 7 joint A-B	B3	342,80	342,80	175,86	101,15	OK	OK	-	-
20	B3 as 7 joint B-C	B3	342,80	342,80	177,80	90,02	OK	OK	-	-
21	B3 as 7 joint C-F	B3	342,80	342,80	178,74	98,23	OK	OK	-	-
22	B5 as 7 joint F-G	B5	250,50	250,50	114,88	55,98	OK	OK	-	-
23	B3 as 7 joint G-H	B3	342,80	342,80	152,80	94,59	OK	OK	-	-
25	B3 as 8 joint B-C	B3	342,80	342,80	218,05	110,47	OK	OK	-	-
26	B12 as 8 joint C-D	B12	391,30	391,30	116,59	98,67	OK	OK	-	-
27	B12 as 8 joint D-F	B12	391,30	391,30	108,13	52,11	OK	OK	-	-
28	B5 as 8 joint F-G	B5	250,50	250,50	122,09	53,60	OK	OK	-	-
29	B3 as 8 joint G-H	B3	342,80	342,80	197,81	129,93	OK	OK	-	-
31	B5 as 9 joint B-C	B5	250,50	250,50	137,54	61,40	OK	OK	-	-
32	B5 as 9 joint C-F	B5	250,50	250,50	143,69	54,94	OK	OK	-	-
33	B5 as 9 joint F-G	B5	250,50	250,50	130,66	59,05	OK	OK	-	-
34	B5 as 9 joint G-H	B5	250,50	250,50	173,11	78,21	OK	OK	-	-
35	B3 as A joint 4-5	B3	342,80	342,80	240,24	103,87	OK	OK	-	-
36	B4 as A joint 5-6	B4	297,20	297,20	230,20	104,19	OK	OK	-	-
37	B3 as A joint 6-7	B3	342,80	342,80	218,17	81,08	OK	OK	-	-
40	B2 as B joint 4-5	B2	387,20	387,20	254,64	94,60	OK	OK	-	-
41	B4 as B joint 5-6	B4	297,20	297,20	243,03	87,66	OK	OK	-	-
42	B2 as B joint 6-7	B2	387,20	387,20	174,75	68,34	OK	OK	-	-
43	B2 as B joint 7-8	B2	387,20	387,20	235,55	95,69	OK	OK	-	-
44	B2 as B joint 8-9	B2	387,20	387,20	167,44	108,88	OK	OK	-	-
45	B8 as C joint 1-2	B2	387,20	387,20	224,96	78,37	OK	OK	-	-
46	B2 as C joint 2-3	B2	387,20	387,20	218,45	87,00	OK	OK	-	-
47	B2 as C joint 4-5	B2	387,20	387,20	259,56	139,03	OK	OK	-	-
48	B4 as C joint 5-6	B4	297,20	297,20	233,65	130,67	OK	OK	-	-
49	B2 as C joint 6-7	B2	387,20	387,20	299,93	161,55	OK	OK	-	-
50	B2 as C joint 7-8	B2	387,20	387,20	256,00	116,04	OK	OK	-	-
51	B12 as C joint 8-9	B12	391,30	391,30	148,56	111,30	OK	OK	-	-
52	B2 as D joint 4-5	B2	387,20	387,20	261,39	135,59	OK	OK	-	-
53	B8 as E joint 1-2	B2	387,20	387,20	228,68	107,22	OK	OK	-	-
54	B2 as E joint 2-3	B2	387,20	387,20	338,43	174,44	OK	OK	-	-
55	B2 as F joint 6-7	B2	387,20	387,20	283,26	144,86	OK	OK	-	-
56	B2 as F joint 7-8	B2	387,20	387,20	254,58	123,46	OK	OK	-	-
57	B12 as F joint 8-9	B12	391,30	391,30	167,02	111,04	OK	OK	-	-
58	B2 as G joint 4-5	B2	387,20	387,20	250,45	120,92	OK	OK	-	-
59	B4 as G joint 5-6	B4	297,20	297,20	204,78	119,34	OK	OK	-	-
60	B2 as G joint 6-7	B2	387,20	387,20	273,58	139,08	OK	OK	-	-
61	B2 as G joint 7-8	B2	387,20	387,20	269,56	135,90	OK	OK	-	-
62	B2 as G joint 8-9	B2	387,20	387,20	262,72	138,30	OK	OK	-	-
63	B3 as H joint 4-5	B3	342,80	342,80	229,01	94,16	OK	OK	-	-
64	B4 as H joint 5-6	B4	297,20	297,20	229,19	125,05	OK	OK	-	-
65	B3 as H joint 6-7	B3	342,80	342,80	246,92	116,74	OK	OK	-	-
66	B3 as H joint 7-8	B3	342,80	342,80	247,36	114,42	OK	OK	-	-
67	B3 as H joint 8-9	B3	342,80	342,80	235,94	115,66	OK	OK	-	-

Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok

No	Nama Balok	Tipe Balok	Lantai 2 (elv. +4.50)										Keterangan		Perkuatan	
			Ekisting		Hasil Haungan Mpr		SAP 2000		T	L	Vu(kN)	Vu(kN)	T	L	CFRP Wrap (kembali)	
			T	L	T	L	T	L								
			ØVs(kN)	ØVs+Vc(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)							T	L
1	B7 as 1 joint C-E	B7	233.26	385.87	370.94	185.47	279.60	228.42	Not OK	OK	2	-				
2	B7 as 2 joint C-E	B7	233.26	385.87	397.42	198.71	339.37	269.73	Not OK	OK	2	-				
3	B1 as 3 joint C-E	B1	195.55	323.49	477.83	238.91	569.18	560.65	Not OK	Not OK	5	3				
4	B3 as 4 joint A-B	B2	195.55	323.49	260.38	130.19	168.43	137.88	Not OK	OK	1	-				
5	B2 as 4 joint B-C	B2	195.55	323.49	250.97	125.48	164.84	126.12	Not OK	OK	1	-				
6	B2 as 4 joint C-D	B2	195.55	323.49	398.39	199.20	249.21	199.60	Not OK	OK	3	-				
7	B2 as 4 joint D-G	B2	195.55	323.49	252.95	126.47	181.89	115.90	Not OK	OK	1	-				
8	B2 as 4 joint G-H	B2	195.55	323.49	261.89	130.95	178.54	140.91	Not OK	OK	1	-				
9	B2 as 5 joint A-B	B2	195.55	323.49	254.81	127.40	155.57	115.23	Not OK	OK	1	-				
10	B2 as 5 joint B-C	B2	195.55	323.49	253.32	126.66	151.02	112.11	Not OK	OK	1	-				
11	B2 as 5 joint C-D	B2	195.55	323.49	370.37	185.19	168.96	155.44	Not OK	OK	2	-				
12	B2 as 5 joint D-G	B2	195.55	323.49	260.67	130.33	180.42	123.01	Not OK	OK	1	-				
13	B2 as 5 joint G-H	B2	195.55	323.49	257.97	128.99	160.29	120.51	Not OK	OK	1	-				
14	B2 as 6 joint A-B	B2	195.55	323.49	260.40	130.20	156.88	113.56	Not OK	OK	1	-				
15	B2 as 6 joint B-C	B2	195.55	323.49	257.82	128.91	150.29	110.32	Not OK	OK	1	-				
16	B2 as 6 joint C-F	B2	195.55	323.49	275.96	137.98	169.98	118.27	Not OK	OK	1	-				
17	B5 as 6 joint F-G	B5	195.55	323.49	233.26	116.63	145.96	131.96	Not OK	OK	1	-				
18	B5 as 6 joint G-H	B2	195.55	323.49	279.83	139.92	169.20	121.68	Not OK	OK	1	-				
19	B3 as 7 joint A-B	B3	195.55	323.49	278.36	139.18	182.01	126.65	Not OK	OK	1	-				
20	B3 as 7 joint B-C	B3	195.55	323.49	273.95	136.98	175.68	122.26	Not OK	OK	1	-				
21	B3 as 7 joint C-F	B3	195.55	323.49	277.79	138.90	179.82	126.42	Not OK	OK	1	-				
22	B5 as 7 joint F-G	B5	195.55	323.49	236.91	118.46	118.98	106.47	Not OK	OK	1	-				
23	B3 as 7 joint G-H	B3	195.55	323.49	258.12	129.06	158.65	116.42	Not OK	OK	1	-				
24	B3 as 8 joint A-B	B3	195.55	323.49	263.00	131.50	149.55	116.06	Not OK	OK	1	-				
25	B3 as 8 joint B-C	B3	195.55	323.49	361.83	180.92	322.62	249.03	Not OK	OK	2	-				
26	B12 as 8 joint C-D	B12	195.55	347.63	347.47	173.73	204.21	185.53	Not OK	OK	2	-				
27	B12 as 8 joint D-F	B12	195.55	347.63	360.03	180.01	206.08	93.81	Not OK	OK	2	-				
28	B5 as 8 joint F-G	B5	195.55	323.49	240.24	120.12	116.55	104.15	Not OK	OK	1	-				
29	B3 as 8 joint G-H	B3	195.55	323.49	284.96	142.48	179.81	127.12	Not OK	OK	1	-				
30	B5 as 9 joint A-B	B5	195.55	323.49	157.24	78.62	98.00	74.52	OK	OK	-	-				
31	B5 as 9 joint B-C	B5	195.55	323.49	165.33	82.67	102.68	70.95	OK	OK	-	-				
32	B5 as 9 joint C-F	B5	195.55	323.49	159.54	79.77	104.51	71.31	OK	OK	-	-				
33	B5 as 9 joint F-G	B5	195.55	323.49	229.89	114.95	111.53	97.12	Not OK	OK	1	-				
34	B3 as 9 joint G-H	B5	195.55	323.49	186.98	93.49	126.68	91.54	OK	OK	-	-				
35	B3 as A joint 4-5	B3	195.55	323.49	232.02	116.01	155.14	125.19	Not OK	OK	1	-				
36	B4 as A joint 5-6	B4	195.55	323.49	245.41	122.70	174.46	152.66	Not OK	OK	1	-				
37	B3 as A joint 6-7	B3	195.55	323.49	215.88	107.94	143.51	112.03	Not OK	OK	1	-				
38	B4 as A joint 7-8	B4	195.55	323.49	161.55	80.77	134.16	168.42	OK	OK	-	-				
39	B4 as A joint 8-9	B4	195.55	323.49	176.49	88.24	106.42	98.39	OK	OK	-	-				
40	B2 as B joint 4-5	B2	195.55	323.49	289.75	144.87	183.73	140.46	Not OK	OK	2	-				
41	B4 as B joint 5-6	B4	195.55	323.49	290.08	145.04	137.74	132.54	Not OK	OK	2	-				
42	B2 as B joint 6-7	B2	195.55	323.49	265.80	132.90	195.52	116.42	Not OK	OK	1	-				
43	B2 as B joint 7-8	B2	195.55	323.49	221.79	110.89	173.86	131.63	Not OK	OK	1	-				
44	B2 as B joint 8-9	B2	195.55	323.49	234.47	117.23	194.42	52.86	Not OK	OK	1	-				
45	B8 as C joint 1-2	B8	195.55	360.73	256.85	128.42	172.22	125.77	Not OK	OK	1	-				
46	B2 as C joint 2-3	B2	195.55	323.49	222.95	111.47	174.96	147.35	Not OK	OK	1	-				
47	B2 as C joint 4-5	B2	195.55	323.49	292.60	146.30	172.57	148.35	Not OK	OK	2	-				
48	B4 as C joint 5-6	B4	195.55	323.49	299.50	149.75	126.63	134.46	Not OK	OK	2	-				
49	B2 as C joint 6-7	B2	195.55	323.49	244.00	122.00	136.54	138.53	Not OK	OK	1	-				
50	B2 as C joint 7-8	B2	195.55	323.49	243.62	121.81	174.53	125.24	Not OK	OK	1	-				
51	B12 as C joint 8-9	B12	195.55	323.49	245.96	122.98	142.84	136.23	Not OK	OK	1	-				
52	B2 as D joint 4-5	B2	195.55	323.49	273.41	136.70	129.58	93.80	Not OK	OK	1	-				
53	B8 as E joint 1-2	B8	195.55	360.73	245.55	122.78	124.14	91.12	Not OK	OK	1	-				
54	B2 as E joint 2-3	B2	195.55	323.49	233.71	116.85	140.40	97.69	Not OK	OK	1	-				
55	B2 as F joint 6-7	B2	195.55	323.49	180.38	90.19	120.56	109.00	OK	OK	-	-				
56	B2 as F joint 7-8	B2	195.55	323.49	253.01	126.50	139.76	100.51	Not OK	OK	1	-				
57	B12 as F joint 8-9	B12	195.55	323.49	263.88	131.94	139.46	102.37	Not OK	OK	1	-				
58	B2 as G joint 4-5	B2	195.55	323.49	279.16	139.58	143.65	106.40	Not OK	OK	1	-				
59	B4 as G joint 5-6	B4	195.55	323.49	301.77	150.89	139.45	103.52	Not OK	OK	2	-				
60	B2 as G joint 6-7	B2	195.55	323.49	188.01	94.00	156.02	143.53	OK	OK	-	-				
61	B2 as G joint 7-8	B2	195.55	323.49	252.06	126.03	166.60	113.59	Not OK	OK	1	-				
62	B2 as G joint 8-9	B2	195.55	323.49	259.11	129.55	148.01	127.89	Not OK	OK	1	-				
63	B3 as H joint 4-5	B3	195.55	323.49	234.26	117.13	152.59	118.79	Not OK	OK	1	-				
64	B4 as H joint 5-6	B4	195.55	323.49	232.06	116.03	159.51	148.77	Not OK	OK	1	-				
65	B3 as H joint 6-7	B3	195.55	323.49	216.12	108.06	142.70	107.69	Not OK	OK	1	-				
66	B3 as H joint 7-8	B3	195.55	323.49	219.32	109.66	145.97	108.65	Not OK	OK	1	-				
67	B3 as H joint 8-9	B3	195.55	323.49	225.86	112.93	151.76	122.93	Not OK	OK	1	-				

Lantai 2 (mezz) (elev. +8.20)												
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil Hitungan Mpr		SAP 2000		Keterangan		Perkuatan	
			T	L	T	L	T	L	T	L	CFRP WRAP (lapis)	
			ØVs(kN)	ØVs+Vc(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)	Vu(kN)			T	L
1	B2 as 1 joint C-E	B2	233,26	348,63	266,32	59,96	201,20	171,65	Not OK	OK	1	-
2	B2 as 2 joint C-E	B2	233,26	348,63	333,99	26,12	297,75	239,89	Not OK	OK	2	-
3	B1 as 3 joint C-E	B1	195,55	323,49	403,33	8,55	478,19	470,93	Not OK	Not OK	4	2
4	B2 as 4 joint A-B	B2	195,55	323,49	251,17	67,53	171,47	133,69	Not OK	OK	1	-
5	B2 as 4 joint B-C	B2	195,55	323,49	259,12	63,56	155,61	128,51	Not OK	OK	1	-
6	B2 as 4 joint C-D	B2	195,55	323,49	394,15	3,96	241,38	189,79	Not OK	OK	3	-
7	B2 as 4 joint D-G	B2	195,55	323,49	224,26	80,99	152,73	114,01	Not OK	OK	1	-
8	B2 as 4 joint G-H	B2	195,55	323,49	197,58	94,32	103,87	82,17	Not OK	OK	1	-
9	B2 as 5 joint A-B	B2	195,55	323,49	208,98	88,63	108,35	95,97	Not OK	OK	1	-
10	B2 as 5 joint B-C	B2	195,55	323,49	250,46	67,89	150,48	111,22	Not OK	OK	1	-
11	B2 as 5 joint C-D	B2	195,55	323,49	357,09	14,57	156,32	147,81	Not OK	OK	2	-
12	B2 as 5 joint D-G	B2	195,55	323,49	254,11	66,06	154,77	72,54	Not OK	OK	1	-
13	B2 as 5 joint G-H	B2	195,55	323,49	197,12	94,55	93,29	71,58	Not OK	OK	1	-
14	B2 as 6 joint A-B	B2	195,55	323,49	242,81	71,71	153,11	110,83	Not OK	OK	1	-
15	B2 as 6 joint B-C	B2	195,55	323,49	240,63	72,80	146,68	107,67	Not OK	OK	1	-
16	B2 as 6 joint C-F	B2	195,55	323,49	255,93	65,15	165,90	115,43	Not OK	OK	1	-
17	B5 as 6 joint F-G	B5	195,55	323,49	227,18	79,53	142,46	128,79	Not OK	OK	1	-
18	B5 as 6 joint G-H	B2	195,55	323,49	259,95	63,14	165,14	118,76	Not OK	OK	1	-
19	B3 as 7 joint A-B	B3	195,55	323,49	243,99	71,12	140,15	97,52	Not OK	OK	1	-
20	B3 as 7 joint B-C	B3	195,55	323,49	240,60	72,82	135,27	94,14	Not OK	OK	1	-
21	B3 as 7 joint C-F	B3	195,55	323,49	243,55	71,34	138,46	97,34	Not OK	OK	1	-
22	B5 as 7 joint F-G	B5	195,55	323,49	227,16	79,53	91,61	81,98	Not OK	OK	1	-
23	B3 as 7 joint G-H	B3	195,55	323,49	229,36	78,44	122,16	89,64	Not OK	OK	1	-
24	B3 as 8 joint A-B	B3	195,55	323,49	253,62	66,31	139,08	107,94	Not OK	OK	1	-
25	B3 as 8 joint B-C	B3	195,55	323,49	345,53	20,35	300,04	231,60	Not OK	OK	2	-
26	B12 as 8 joint C-D	B12	195,55	347,63	346,33	44,09	189,92	172,54	Not OK	OK	2	-
27	B12 as 8 joint D-F	B12	195,55	347,63	358,01	38,25	191,65	87,24	Not OK	OK	2	-
28	B5 as 8 joint F-G	B5	195,55	323,49	237,04	74,60	108,39	96,86	Not OK	OK	1	-
29	B3 as 8 joint G-H	B3	195,55	323,49	274,33	55,95	167,22	118,22	Not OK	OK	1	-
30	B5 as 9 joint A-B	B5	195,55	323,49	158,83	113,70	100,25	76,23	OK	OK	-	-
31	B5 as 9 joint B-C	B5	195,55	323,49	167,11	109,56	105,04	72,58	OK	OK	-	-
32	B5 as 9 joint C-F	B5	195,55	323,49	161,18	112,52	106,91	72,95	OK	OK	-	-
33	B5 as 9 joint F-G	B5	195,55	323,49	230,71	77,76	114,10	99,35	Not OK	OK	1	-
34	B5 as 9 joint G-H	B5	195,55	323,49	189,18	98,52	129,59	93,65	OK	OK	-	-
35	B3 as A joint 4-5	B3	195,55	323,49	230,83	77,70	152,66	123,19	Not OK	OK	1	-
36	B4 as A joint 5-6	B4	195,55	323,49	244,76	70,74	171,67	150,22	Not OK	OK	1	-
37	B3 as A joint 6-7	B3	195,55	323,49	214,49	85,87	141,21	110,24	Not OK	OK	1	-
38	B4 as A joint 7-8	B4	195,55	323,49	160,70	112,76	132,01	165,73	OK	OK	-	-
39	B4 as A joint 8-9	B4	195,55	323,49	175,57	105,33	104,72	96,82	OK	OK	-	-
40	B2 as B joint 4-5	B2	195,55	323,49	286,81	49,71	178,77	136,67	Not OK	OK	1	-
41	B4 as B joint 5-6	B4	195,55	323,49	287,78	49,23	134,02	128,96	Not OK	OK	1	-
42	B2 as B joint 6-7	B2	195,55	323,49	262,63	61,80	190,24	113,28	Not OK	OK	1	-
43	B2 as B joint 7-8	B2	195,55	323,49	219,80	83,21	169,17	128,08	Not OK	OK	1	-
44	B2 as B joint 8-9	B2	195,55	323,49	232,52	76,86	189,17	51,43	Not OK	OK	1	-
45	B8 as C joint 1-2	B8	195,55	360,73	258,74	100,99	140,43	96,55	Not OK	OK	1	-
46	B2 as C joint 2-3	B2	195,55	323,49	220,72	82,76	133,65	103,04	Not OK	OK	1	-
47	B2 as C joint 4-5	B2	195,55	323,49	281,43	52,40	120,50	135,35	Not OK	OK	1	-
48	B4 as C joint 5-6	B4	195,55	323,49	290,04	48,10	141,44	150,05	Not OK	OK	2	-
49	B2 as C joint 6-7	B2	195,55	323,49	234,43	75,90	177,02	153,03	Not OK	OK	1	-
50	B2 as C joint 7-8	B2	195,55	323,49	234,09	76,07	157,39	140,84	Not OK	OK	1	-
51	B12 as C joint 8-9	B12	195,55	323,49	237,59	74,32	132,02	124,52	Not OK	OK	1	-
52	B2 as D joint 4-5	B2	195,55	323,49	264,15	61,04	140,15	138,99	Not OK	OK	1	-
53	B8 as E joint 1-2	B8	195,55	360,73	236,51	112,10	104,00	97,08	Not OK	OK	1	-
54	B2 as E joint 2-3	B2	195,55	323,49	223,17	81,53	196,34	187,10	Not OK	OK	1	-
55	B2 as F joint 6-7	B2	195,55	323,49	177,18	104,53	139,43	137,23	OK	OK	-	-
56	B2 as F joint 7-8	B2	195,55	323,49	242,54	71,84	126,89	129,87	Not OK	OK	1	-
57	B12 as F joint 8-9	B12	195,55	323,49	253,72	66,25	132,43	129,33	Not OK	OK	1	-
58	B2 as G joint 4-5	B2	195,55	323,49	269,33	58,45	116,73	124,26	Not OK	OK	1	-
59	B4 as G joint 5-6	B4	195,55	323,49	292,08	47,08	136,71	146,41	Not OK	OK	2	-
60	B2 as G joint 6-7	B2	195,55	323,49	184,05	101,09	131,70	132,41	OK	OK	-	-
61	B2 as G joint 7-8	B2	195,55	323,49	241,70	72,27	123,10	129,05	Not OK	OK	1	-
62	B2 as G joint 8-9	B2	195,55	323,49	249,43	68,40	128,40	138,48	Not OK	OK	1	-
63	B3 as H joint 4-5	B3	325,91	323,49	226,55	79,84	133,80	105,23	OK	OK	-	-
64	B4 as H joint 5-6	B4	325,91	323,49	229,34	78,45	143,42	151,76	OK	OK	-	-
65	B3 as H joint 6-7	B3	325,91	323,49	207,40	89,41	118,70	114,57	OK	OK	-	-
66	B3 as H joint 7-8	B3	325,91	323,49	210,28	87,97	113,29	113,82	OK	OK	-	-
67	B3 as H joint 8-9	B3	325,91	323,49	217,38	84,43	125,46	118,87	OK	OK	-	-

Lantai 3 (elev. +11.70)																
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil Hitungan Mpr		SAP 2000		Keterangan		Perkuatan					
			T	L	T	L	T	L	T	L	CFRP WRAP (lapis)					
			ØVr(kN)	ØVs+Vc(kN)	Vr(kN)	Vu(kN)	Vr(kN)	Vu(kN)	T	L	T	L				
1	B2 as 1 joint C-E	B2	195,55	323,49	246,29	69,97	150,90	128,74	Not OK	OK	1	-	-	-		
2	B2 as 2 joint C-E	B2	195,55	323,49	297,04	44,60	223,31	179,92	Not OK	OK	2	-	-	-		
3	B1 as 3 joint C-E	B1	195,55	323,49	354,96	15,64	358,64	353,20	Not OK	OK	2	1	-	-		
4	B2 as 4 joint A-B	B2	195,55	323,49	225,47	80,38	128,60	100,27	Not OK	OK	1	-	-	-		
5	B2 as 4 joint B-C	B2	195,55	323,49	231,43	77,40	116,71	96,38	Not OK	OK	1	-	-	-		
6	B2 as 4 joint C-D	B2	195,55	323,49	377,48	4,38	181,04	142,34	Not OK	OK	2	-	-	-		
7	B2 as 4 joint D-G	B2	195,55	323,49	205,29	90,47	114,55	85,51	Not OK	OK	1	-	-	-		
8	B2 as 4 joint G-H	B2	195,55	323,49	186,48	99,88	77,90	61,63	OK	OK	-	-	-	-		
9	B2 as 5 joint A-B	B2	195,55	323,49	193,83	96,20	81,26	71,98	OK	OK	-	-	-	-		
10	B2 as 5 joint B-C	B2	195,55	323,49	224,94	80,65	112,86	83,42	Not OK	OK	1	-	-	-		
11	B2 as 5 joint C-D	B2	195,55	323,49	349,68	18,28	117,24	110,86	Not OK	OK	2	-	-	-		
12	B2 as 5 joint D-G	B2	195,55	323,49	227,67	79,28	116,08	54,41	Not OK	OK	1	-	-	-		
13	B2 as 5 joint G-H	B2	195,55	323,49	186,13	100,05	69,97	53,69	OK	OK	-	-	-	-		
14	B2 as 6 joint A-B	B2	195,55	323,49	219,20	83,52	114,84	83,13	Not OK	OK	1	-	-	-		
15	B2 as 6 joint B-C	B2	195,55	323,49	217,57	84,33	110,01	80,75	Not OK	OK	1	-	-	-		
16	B2 as 6 joint C-F	B2	195,55	323,49	229,04	78,60	124,43	86,57	Not OK	OK	1	-	-	-		
17	B5 as 6 joint F-G	B5	195,55	323,49	219,02	83,61	106,84	96,59	Not OK	OK	1	-	-	-		
18	B5 as 6 joint G-H	B2	195,55	323,49	233,25	76,49	123,85	89,07	Not OK	OK	1	-	-	-		
19	B3 as 7 joint A-B	B3	195,55	323,49	215,22	85,51	105,11	73,14	Not OK	OK	1	-	-	-		
20	B3 as 7 joint B-C	B3	195,55	323,49	212,68	86,78	101,46	70,61	Not OK	OK	1	-	-	-		
21	B3 as 7 joint C-F	B3	195,55	323,49	214,89	85,67	103,85	73,01	Not OK	OK	1	-	-	-		
22	B5 as 7 joint F-G	B5	195,55	323,49	219,00	83,61	68,71	61,49	Not OK	OK	1	-	-	-		
23	B3 as 7 joint G-H	B3	195,55	323,49	205,29	90,47	91,62	67,23	Not OK	OK	1	-	-	-		
25	B3 as 8 joint B-C	B3	195,55	323,49	388,50	1,13	225,03	173,70	Not OK	OK	3	-	-	-		
26	B12 as 8 joint C-D	B12	195,55	347,63	456,74	11,12	142,44	129,41	Not OK	OK	3	-	-	-		
27	B12 as 8 joint D-F	B12	195,55	347,63	468,42	16,96	143,74	65,43	Not OK	OK	3	-	-	-		
28	B5 as 8 joint F-G	B5	195,55	323,49	301,88	42,18	81,29	72,64	Not OK	OK	2	-	-	-		
29	B3 as 8 joint G-H	B3	195,55	323,49	318,69	33,77	125,42	88,67	Not OK	OK	2	-	-	-		
31	B5 as 9 joint B-C	B5	195,55	323,49	196,49	94,87	78,78	54,44	Not OK	OK	1	-	-	-		
32	B5 as 9 joint C-F	B5	195,55	323,49	190,57	97,83	80,19	54,71	OK	OK	-	-	-	-		
33	B5 as 9 joint F-G	B5	195,55	323,49	295,55	45,34	85,57	74,52	Not OK	OK	2	-	-	-		
34	B5 as 9 joint G-H	B5	195,55	323,49	219,51	83,36	97,20	70,23	Not OK	OK	1	-	-	-		
35	B3 as A joint 4-5	B3	195,55	323,49	283,21	51,51	114,49	92,39	Not OK	OK	1	-	-	-		
36	B4 as A joint 5-6	B4	195,55	323,49	313,05	36,59	128,75	112,66	Not OK	OK	2	-	-	-		
37	B3 as A joint 6-7	B3	195,55	323,49	257,46	64,38	105,91	82,68	Not OK	OK	1	-	-	-		
40	B2 as B joint 4-5	B2	195,55	323,49	347,10	19,57	134,08	102,50	Not OK	OK	2	-	-	-		
41	B4 as B joint 5-6	B4	195,55	323,49	356,07	15,08	100,52	96,72	Not OK	OK	2	-	-	-		
42	B2 as B joint 6-7	B2	195,55	323,49	312,08	37,07	142,68	84,96	Not OK	OK	2	-	-	-		
43	B2 as B joint 7-8	B2	195,55	323,49	269,26	58,48	126,87	96,06	Not OK	OK	1	-	-	-		
44	B2 as B joint 8-9	B2	195,55	323,49	286,63	49,80	141,88	38,57	Not OK	OK	1	-	-	-		
45	B8 as C joint 1-2	B2	195,55	360,73	310,46	75,13	105,32	72,41	Not OK	OK	1	-	-	-		
46	B2 as C joint 2-3	B2	195,55	323,49	263,49	61,37	100,24	77,28	Not OK	OK	1	-	-	-		
47	B2 as C joint 4-5	B2	195,55	323,49	341,72	22,26	90,38	101,51	Not OK	OK	2	-	-	-		
48	B4 as C joint 5-6	B4	195,55	323,49	358,33	13,95	106,08	112,54	Not OK	OK	2	-	-	-		
49	B2 as C joint 6-7	B2	195,55	323,49	283,89	51,17	132,77	114,77	Not OK	OK	1	-	-	-		
50	B2 as C joint 7-8	B2	195,55	323,49	283,55	51,34	118,04	105,63	Not OK	OK	1	-	-	-		
51	B12 as C joint 8-9	B12	195,55	323,49	291,70	47,27	99,02	93,39	Not OK	OK	2	-	-	-		
52	B2 as D joint 4-5	B2	195,55	323,49	324,45	30,89	105,11	104,24	Not OK	OK	2	-	-	-		
53	B8 as E joint 1-2	B2	195,55	360,73	288,23	86,24	78,00	72,81	Not OK	OK	1	-	-	-		
54	B2 as E joint 2-3	B2	195,55	323,49	265,94	60,14	147,26	140,33	Not OK	OK	1	-	-	-		
55	B2 as F joint 6-7	B2	195,55	323,49	226,63	79,80	104,57	102,92	Not OK	OK	1	-	-	-		
56	B2 as F joint 7-8	B2	195,55	323,49	292,00	47,12	95,17	97,40	Not OK	OK	2	-	-	-		
57	B12 as F joint 8-9	B12	195,55	323,49	307,83	39,20	99,32	97,00	Not OK	OK	2	-	-	-		
58	B2 as G joint 4-5	B2	195,55	323,49	329,62	28,31	87,55	93,20	Not OK	OK	2	-	-	-		
59	B4 as G joint 5-6	B4	195,55	323,49	360,37	12,93	102,53	109,81	Not OK	OK	2	-	-	-		
60	B2 as G joint 6-7	B2	195,55	323,49	233,50	76,36	98,78	99,31	Not OK	OK	1	-	-	-		
61	B2 as G joint 7-8	B2	195,55	323,49	291,15	47,54	92,33	96,79	Not OK	OK	2	-	-	-		
62	B2 as G joint 8-9	B2	195,55	323,49	303,54	41,35	96,30	103,86	Not OK	OK	2	-	-	-		
63	B3 as H joint 4-5	B3	325,91	323,49	278,94	53,65	100,35	78,92	OK	OK	-	-	-	-		
64	B4 as H joint 5-6	B4	325,91	323,49	297,63	44,30	107,57	113,82	OK	OK	-	-	-	-		
65	B3 as H joint 6-7	B3	325,91	323,49	250,38	67,93	89,03	85,93	OK	OK	-	-	-	-		
66	B3 as H joint 7-8	B3	325,91	323,49	253,26	66,49	84,97	85,37	OK	OK	-	-	-	-		
67	B3 as H joint 8-9	B3	325,91	323,49	264,39	60,92	94,10	89,15	OK	OK	-	-	-	-		

Lantai 4 (elev. +15.70)															
No	Nama Balok	Tipe Balok	Eksisting		Hasil Hitungan Mpr		SAP 2000		Keterangan		Perkuatan				
			T	L	T	L	T	L	T	L	T	L			
			$\phi V_s(kN)$	$\phi V_s + V_c(kN)$	$V_u(kN)$	$V_u(kN)$	$V_u(kN)$	$V_u(kN)$			CFRP WRAP (lapis)				
1	B2 as 1 joint C-E	B2	195.55	323.49	226.26	79.99	140.84	120.16	Not OK	OK	1	-			
2	B2 as 2 joint C-E	B2	195.55	323.49	260.09	63.07	208.43	167.92	Not OK	OK	1	-			
3	B1 as 3 joint C-E	B1	195.55	323.49	306.59	39.82	334.73	329.65	Not OK	OK	2	1			
4	B2 as 4 joint A-B	B2	195.55	323.49	199.77	93.23	120.03	93.58	Not OK	OK	1	-			
5	B2 as 4 joint B-C	B2	195.55	323.49	203.75	91.24	108.93	89.96	Not OK	OK	1	-			
6	B2 as 4 joint C-D	B2	195.55	323.49	360.80	12.72	168.97	132.85	Not OK	OK	2	-			
7	B2 as 4 joint D-G	B2	195.55	323.49	186.32	99.96	106.91	79.81	OK	OK	-	-			
8	B2 as 4 joint G-H	B2	195.55	323.49	175.37	105.43	72.71	57.52	OK	OK	-	-			
9	B2 as 5 joint A-B	B2	195.55	323.49	178.68	103.78	75.85	67.18	OK	OK	-	-			
10	B2 as 5 joint B-C	B2	195.55	323.49	199.42	93.41	105.34	77.85	Not OK	OK	1	-			
11	B2 as 5 joint C-D	B2	195.55	323.49	342.27	21.98	109.42	103.47	Not OK	OK	2	-			
12	B2 as 5 joint D-G	B2	195.55	323.49	201.24	92.50	108.34	50.78	Not OK	OK	1	-			
13	B2 as 5 joint G-H	B2	195.55	323.49	175.14	105.54	65.30	50.11	OK	OK	-	-			
14	B2 as 6 joint A-B	B2	195.55	323.49	195.59	95.32	107.18	77.58	Not OK	OK	1	-			
15	B2 as 6 joint B-C	B2	195.55	323.49	194.51	95.86	102.68	75.37	OK	OK	-	-			
16	B2 as 6 joint C-F	B2	195.55	323.49	202.15	92.04	116.13	80.80	Not OK	OK	1	-			
17	B5 as 6 joint F-G	B5	195.55	323.49	210.85	87.69	99.72	90.16	Not OK	OK	1	-			
18	B5 as 6 joint G-H	B2	195.55	323.49	206.55	89.84	115.59	83.13	Not OK	OK	1	-			
19	B3 as 7 joint A-B	B3	195.55	323.49	186.45	99.89	98.10	68.26	OK	OK	-	-			
20	B3 as 7 joint B-C	B3	195.55	323.49	184.75	100.74	94.69	65.90	OK	OK	-	-			
21	B3 as 7 joint C-F	B3	195.55	323.49	186.23	100.00	96.92	68.14	OK	OK	-	-			
22	B5 as 7 joint F-G	B5	195.55	323.49	210.84	87.70	64.13	57.39	Not OK	OK	1	-			
23	B3 as 7 joint G-H	B3	195.55	323.49	181.22	102.51	85.51	62.75	OK	OK	-	-			
25	B3 as 8 joint B-C	B3	195.55	323.49	316.30	34.97	210.03	162.12	Not OK	OK	2	-			
26	B12 as 8 joint C-D	B12	195.55	347.63	451.71	8.60	132.94	120.78	Not OK	OK	3	-			
27	B12 as 8 joint D-F	B12	195.55	347.63	459.49	12.49	134.16	61.07	Not OK	OK	3	-			
28	B5 as 8 joint F-G	B5	195.55	323.49	287.71	49.26	75.87	67.80	Not OK	OK	1	-			
29	B3 as 8 joint G-H	B3	195.55	323.49	271.60	57.31	117.06	82.76	Not OK	OK	1	-			
31	B5 as 9 joint B-C	B5	195.55	323.49	170.17	108.03	73.53	50.81	OK	OK	-	-			
32	B5 as 9 joint C-F	B5	195.55	323.49	166.22	110.01	74.84	51.07	OK	OK	-	-			
33	B5 as 9 joint F-G	B5	195.55	323.49	283.48	51.37	79.87	69.55	Not OK	OK	1	-			
34	B5 as 9 joint G-H	B5	195.55	323.49	186.78	99.73	90.72	65.55	OK	OK	-	-			
35	B3 as A joint 4-5	B3	195.55	323.49	258.65	63.79	106.86	86.23	Not OK	OK	1	-			
36	B4 as A joint 5-6	B4	195.55	323.49	299.75	43.24	120.17	105.15	Not OK	OK	2	-			
37	B3 as A joint 6-7	B3	195.55	323.49	228.94	78.65	98.85	77.17	Not OK	OK	1	-			
40	B2 as B joint 4-5	B2	195.55	323.49	311.79	37.22	125.14	95.67	Not OK	OK	2	-			
41	B4 as B joint 5-6	B4	195.55	323.49	328.43	28.90	93.81	90.27	Not OK	OK	2	-			
42	B2 as B joint 6-7	B2	195.55	323.49	274.00	56.12	133.17	79.29	Not OK	OK	1	-			
43	B2 as B joint 7-8	B2	195.55	323.49	245.45	70.39	118.42	89.65	Not OK	OK	1	-			
44	B2 as B joint 8-9	B2	195.55	323.49	263.23	61.50	132.42	36.00	Not OK	OK	1	-			
45	B8 as C joint 1-2	B2	195.55	360.73	275.93	92.40	98.30	67.59	Not OK	OK	1	-			
46	B2 as C joint 2-3	B2	195.55	323.49	232.69	76.77	93.56	72.13	Not OK	OK	1	-			
47	B2 as C joint 4-5	B2	195.55	323.49	308.20	39.01	84.35	94.75	Not OK	OK	2	-			
48	B4 as C joint 5-6	B4	195.55	323.49	329.94	28.15	99.01	105.04	Not OK	OK	2	-			
49	B2 as C joint 6-7	B2	195.55	323.49	255.21	65.51	123.91	107.12	Not OK	OK	1	-			
50	B2 as C joint 7-8	B2	195.55	323.49	254.98	65.63	110.17	98.59	Not OK	OK	1	-			
51	B12 as C joint 8-9	B12	195.55	323.49	266.61	59.81	92.41	87.16	Not OK	OK	1	-			
52	B2 as D joint 4-5	B2	195.55	323.49	296.69	44.77	98.11	97.29	Not OK	OK	2	-			
53	B8 as E joint 1-2	B2	195.55	360.73	261.11	99.80	72.80	67.96	Not OK	OK	1	-			
54	B2 as E joint 2-3	B2	195.55	323.49	234.33	75.95	137.44	130.97	Not OK	OK	1	-			
55	B2 as F joint 6-7	B2	195.55	323.49	217.03	84.60	97.60	96.06	Not OK	OK	1	-			
56	B2 as F joint 7-8	B2	195.55	323.49	260.61	62.81	88.82	90.91	Not OK	OK	1	-			
57	B12 as F joint 8-9	B12	195.55	323.49	277.37	54.43	92.70	90.53	Not OK	OK	1	-			
58	B2 as G joint 4-5	B2	195.55	323.49	300.14	43.05	81.71	86.98	Not OK	OK	2	-			
59	B4 as G joint 5-6	B4	195.55	323.49	331.30	27.47	95.70	102.49	Not OK	OK	2	-			
60	B2 as G joint 6-7	B2	195.55	323.49	221.61	82.31	92.19	92.69	Not OK	OK	1	-			
61	B2 as G joint 7-8	B2	195.55	323.49	260.05	63.09	86.17	90.34	Not OK	OK	1	-			
62	B2 as G joint 8-9	B2	195.55	323.49	274.50	55.86	89.88	96.94	Not OK	OK	1	-			
63	B3 as H joint 4-5	B3	325.91	323.49	255.80	65.21	93.66	73.66	OK	OK	-	-			
64	B4 as H joint 5-6	B4	325.91	323.49	289.47	48.38	100.39	106.23	OK	OK	-	-			
65	B3 as H joint 6-7	B3	325.91	323.49	224.21	81.01	83.09	80.20	OK	OK	-	-			
66	B3 as H joint 7-8	B3	325.91	323.49	226.13	80.05	79.30	79.67	OK	OK	-	-			
67	B3 as H joint 8-9	B3	325.91	323.49	238.94	73.64	87.82	83.21	OK	OK	-	-			

Rekapitulasi Perkuatan Lentur Kolom

Lantai 1-2 (elev. +0.00 s/d +4.50)													
No	Lokasi Kolom	Tipe Kolom	Eksisting	SAP 2000		SCWB Arah X		SCWB Arah Y		Keterangan			Perkuatan
			ØPn (kN)	Pu (kN)	1,2xØMnB (kNm)	ØMnC (kNm)	1,2xØMnB (kNm)	ØMnC (kNm)	P Aksial	SCWB X	SCWB Y	CFRP Tape (Strip)	
1	As 1 joint C	K3	5657,39	2650,581	1037,02	1325,291	1037,02	1325,291	OK	OK	OK	-	
2	As 1 joint E	K3	5657,39	2228,639	1037,02	1114,32	1037,02	1114,32	OK	OK	OK	-	
3	As 2 joint C	K3	5657,39	3491,659	1037,02	1745,83	1037,02	1745,83	OK	OK	OK	-	
4	As 2 joint E	K3	5657,39	3739,468	1037,02	1869,734	1037,02	1869,734	OK	OK	OK	-	
5	As 3 joint C	K3	5657,39	2788,133	1126,41	1394,067	1037,02	1394,067	OK	OK	OK	-	
6	As 3 joint E	K3	5657,39	2921,077	1126,41	1460,539	1037,02	1460,539	OK	OK	OK	-	
7	As 4 joint A	K3	5657,39	2410,915	1037,02	1205,458	1037,02	1205,458	OK	OK	OK	-	
8	As 4 joint B	K3	5657,39	3593,353	1037,02	1796,677	1037,02	1796,677	OK	OK	OK	-	
9	As 4 joint C	K2	5878,33	5024,135	1037,02	2512,068	1037,02	2512,068	OK	OK	OK	-	
10	As 4 joint D	K2	5878,33	3476,242	1037,02	1738,121	1037,02	1738,121	OK	OK	OK	-	
11	As 4 joint G	K3	5657,39	3045,023	1037,02	1522,512	1037,02	1522,512	OK	OK	OK	-	
12	As 4 joint H	K3	5657,39	4044,014	1037,02	2022,007	1037,02	2022,007	OK	OK	OK	-	
13	As 5 joint A	K3	5657,39	3415,114	1037,02	1707,557	1037,02	1707,557	OK	OK	OK	-	
14	As 5 joint B	K3	5657,39	2621,227	1037,02	1310,614	1037,02	1310,614	OK	OK	OK	-	
15	As 5 joint C	K3	5657,39	4716,783	1037,02	2358,392	1037,02	2358,392	OK	OK	OK	-	
16	As 5 joint D	K3	5657,39	4822,35	1037,02	2411,175	1037,02	2411,175	OK	OK	OK	-	
17	As 5 joint G	K2	5878,33	4269,195	1037,02	2134,598	1037,02	2134,598	OK	OK	OK	-	
18	As 5 joint H	K3	5657,39	4329,42	1037,02	2164,71	1037,02	2164,71	OK	OK	OK	-	
19	As 6 joint A	K3	5657,39	3485,969	1037,02	1742,985	1037,02	1742,985	OK	OK	OK	-	
20	As 6 joint B	K3	5657,39	3011,497	1037,02	1505,749	1037,02	1505,749	OK	OK	OK	-	
21	As 6 joint C	K0	6320,23	4179,598	1037,02	2089,799	1037,02	2089,799	OK	OK	OK	-	
22	As 6 joint F	K3	5657,39	4151,92	1037,02	2075,96	1037,02	2075,96	OK	OK	OK	-	
23	As 6 joint G	K3	5657,39	3646,67	1037,02	1823,335	1037,02	1823,335	OK	OK	OK	-	
24	As 6 joint H	K3	5657,39	3616,266	1037,02	1808,133	1037,02	1808,133	OK	OK	OK	-	
25	As 7 joint A	K3	5657,39	3092,048	1037,02	1546,024	1037,02	1546,024	OK	OK	OK	-	
26	As 7 joint B	K3	5657,39	2661,007	1037,02	1330,504	1037,02	1330,504	OK	OK	OK	-	
27	As 7 joint C	K1	6099,28	5256,484	1037,02	2628,242	1037,02	2628,242	OK	OK	OK	-	
28	As 7 joint F	K3	5657,39	3326,51	1037,02	1663,255	1037,02	1663,255	OK	OK	OK	-	
29	As 7 joint G	K3	5657,39	3834,974	1037,02	1917,487	1037,02	1917,487	OK	OK	OK	-	
30	As 7 joint H	K3	5657,39	2672,109	1037,02	1336,055	1037,02	1336,055	OK	OK	OK	-	
31	As 8 joint A	K3	5657,39	3082,627	1037,02	1541,314	1037,02	1541,314	OK	OK	OK	-	
32	As 8 joint B	K3	5657,39	4300,323	1037,02	2150,162	1037,02	2150,162	OK	OK	OK	-	
33	As 8 joint C	K3	5657,39	3339,733	1037,02	1669,867	1037,02	1669,867	OK	OK	OK	-	
34	As 8 joint D	K2	5878,33	3087,875	1037,02	1543,938	1037,02	1543,938	OK	OK	OK	-	
35	As 8 joint F	K3	5657,39	3990,032	1037,02	1995,016	1037,02	1995,016	OK	OK	OK	-	
36	As 8 joint G	K3	5657,39	2983,962	1037,02	1491,981	1037,02	1491,981	OK	OK	OK	-	
37	As 8 joint H	K3	5657,39	4309,42	1037,02	2154,71	1037,02	2154,71	OK	OK	OK	-	
38	As 9 joint A	K3	5657,39	4089,73	1037,02	2044,865	1037,02	2044,865	OK	OK	OK	-	
39	As 9 joint B	K3	5657,39	5205,385	1037,02	2602,693	1037,02	2602,693	OK	OK	OK	-	
40	As 9 joint C	K3	5657,39	4361,232	1037,02	2180,616	1037,02	2180,616	OK	OK	OK	-	
41	As 9 joint F	K3	5657,39	3149,151	1037,02	1574,576	1037,02	1574,576	OK	OK	OK	-	
42	As 9 joint G	K3	5657,39	3823,739	1037,02	1911,87	1037,02	1911,87	OK	OK	OK	-	
43	As 9 joint H	K3	5657,39	3040,461	1037,02	1520,231	1037,02	1520,231	OK	OK	OK	-	

Lantai 2-2 (mezz) (elev. +4.50 s/d +8.20)												
No	Lokasi Kolom	Tipe Kolom	Eksisting	SAP 2000	SCWB Arah X		SCWB Arah Y		Keterangan			Perkuatan CFRP Tape (Strip)
			ϕP_n (kN)	Pu (kN)	1,2x ϕM_{nb} (kNm)	ϕM_{nc} (kNm)	1,2x ϕM_{nb} (kNm)	ϕM_{nc} (kNm)	P Aksial	SCWB X	SCWB Y	
1	As 1 joint C	K3	5657,39	2385,523	987,32	1192,761	987,32	1192,761	OK	OK	OK	-
2	As 1 joint E	K3	5657,39	2005,775	987,32	1002,888	987,32	1002,888	OK	OK	OK	-
3	As 2 joint C	K3	5657,39	3142,493	987,32	1571,247	987,32	1571,247	OK	OK	OK	-
4	As 2 joint E	K3	5657,39	3365,521	987,32	1682,761	987,32	1682,761	OK	OK	OK	-
5	As 3 joint C	K3	5657,39	2509,32	1126,41	1254,66	987,32	1254,66	OK	OK	OK	-
6	As 3 joint E	K3	5657,39	2628,969	1126,41	1314,485	987,32	1314,485	OK	OK	OK	-
7	As 4 joint A	K3	5657,39	2169,824	987,32	1084,912	987,32	1084,912	OK	OK	OK	-
8	As 4 joint B	K3	5657,39	3234,018	987,32	1617,009	987,32	1617,009	OK	OK	OK	-
9	As 4 joint C	K3	5878,33	4521,722	987,32	2260,861	987,32	2260,861	OK	OK	OK	-
10	As 4 joint D	K3	5878,33	3128,618	987,32	1564,309	987,32	1564,309	OK	OK	OK	-
11	As 4 joint G	K3	5657,39	2740,521	987,32	1370,26	987,32	1370,26	OK	OK	OK	-
12	As 4 joint H	K3	5657,39	3639,613	987,32	1819,806	987,32	1819,806	OK	OK	OK	-
13	As 5 joint A	K3	5657,39	3073,603	987,32	1536,801	987,32	1536,801	OK	OK	OK	-
14	As 5 joint B	K3	5657,39	2359,104	987,32	1179,552	987,32	1179,552	OK	OK	OK	-
15	As 5 joint C	K3	5657,39	4245,105	987,32	2122,552	987,32	2122,552	OK	OK	OK	-
16	As 5 joint D	K3	5657,39	4340,115	987,32	2170,058	987,32	2170,058	OK	OK	OK	-
17	As 5 joint G	K3	5878,33	3842,276	987,32	1921,138	987,32	1921,138	OK	OK	OK	-
18	As 5 joint H	K3	5657,39	3896,478	987,32	1948,239	987,32	1948,239	OK	OK	OK	-
20	As 6 joint B	K3	5657,39	2710,347	987,32	1355,174	987,32	1355,174	OK	OK	OK	-
21	As 6 joint C	K3	6320,23	3761,638	987,32	1880,819	987,32	1880,819	OK	OK	OK	-
22	As 6 joint F	K3	5657,39	3736,728	987,32	1868,364	987,32	1868,364	OK	OK	OK	-
23	As 6 joint G	K3	5657,39	3282,003	987,32	1641,002	987,32	1641,002	OK	OK	OK	-
24	As 6 joint H	K3	5657,39	3254,639	987,32	1627,32	987,32	1627,32	OK	OK	OK	-
25	As 7 joint A	K3	5657,39	2782,843	987,32	1391,422	987,32	1391,422	OK	OK	OK	-
26	As 7 joint B	K3	5657,39	2394,906	987,32	1197,453	987,32	1197,453	OK	OK	OK	-
27	As 7 joint C	K3	6099,28	4730,836	987,32	2365,418	987,32	2365,418	OK	OK	OK	-
28	As 7 joint F	K3	5657,39	2993,859	987,32	1496,93	987,32	1496,93	OK	OK	OK	-
29	As 7 joint G	K3	5657,39	3451,477	987,32	1725,738	987,32	1725,738	OK	OK	OK	-
30	As 7 joint H	K3	5657,39	2404,898	987,32	1202,449	987,32	1202,449	OK	OK	OK	-
32	As 8 joint B	K3	5657,39	3870,291	987,32	1935,145	987,32	1935,145	OK	OK	OK	-
33	As 8 joint C	K3	5657,39	3005,76	987,32	1502,88	987,32	1502,88	OK	OK	OK	-
34	As 8 joint D	K3	5878,33	2779,088	987,32	1389,544	987,32	1389,544	OK	OK	OK	-
35	As 8 joint F	K3	5657,39	3591,029	987,32	1795,514	987,32	1795,514	OK	OK	OK	-
36	As 8 joint G	K3	5657,39	2685,566	987,32	1342,783	987,32	1342,783	OK	OK	OK	-
37	As 8 joint H	K3	5657,39	3878,478	987,32	1939,239	987,32	1939,239	OK	OK	OK	-
38	As 9 joint A	K3	5657,39	3680,757	987,32	1840,379	987,32	1840,379	OK	OK	OK	-
39	As 9 joint B	K3	5657,39	4684,847	987,32	2342,423	987,32	2342,423	OK	OK	OK	-
40	As 9 joint C	K3	5657,39	3925,109	987,32	1962,554	987,32	1962,554	OK	OK	OK	-
41	As 9 joint F	K3	5657,39	2834,236	987,32	1417,118	987,32	1417,118	OK	OK	OK	-
42	As 9 joint G	K3	5657,39	3441,365	987,32	1720,683	987,32	1720,683	OK	OK	OK	-
43	As 9 joint H	K3	5657,39	2736,415	987,32	1368,207	987,32	1368,207	OK	OK	OK	-

Rekapitulasi Perkuatan Geser Kolom

Lantai 1-2 (elv. +0.00 s/d +4.50)										
No	Lokasi Kolom	Tipe Kolom	Ekisting	Confinement	Mpr Balok	SAP 2000	Keterangan		Perkuatan	
			ØVs (kN)	ØVs (kN)	Ve1 (kN)	Vu (kN)	Lo T	Luar Lo L	CFRP WRAP (lapis) T	L
1	As 1 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	270,275	Not OK	OK	4	-
2	As 1 joint E	K3	109,63	571,29	221,59	277,639	Not OK	OK	4	-
3	As 2 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	123,339	Not OK	OK	4	-
4	As 2 joint E	K3	109,63	571,29	221,59	122,802	Not OK	OK	4	-
5	As 3 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	176,669	Not OK	OK	4	-
6	As 3 joint E	K3	109,63	571,29	221,59	235,758	Not OK	OK	4	-
7	As 4 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	235,758	Not OK	OK	4	-
8	As 4 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	115,043	Not OK	OK	4	-
9	As 4 joint C	K2	109,63	571,29	221,59	113,433	Not OK	OK	4	-
10	As 4 joint D	K2	109,63	571,29	221,59	133,237	Not OK	OK	4	-
11	As 4 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	126,427	Not OK	OK	4	-
12	As 4 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	115,374	Not OK	OK	4	-
13	As 5 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	95,339	Not OK	OK	4	-
14	As 5 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	91,127	Not OK	OK	4	-
15	As 5 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	111,865	Not OK	OK	4	-
16	As 5 joint D	K3	109,63	571,29	221,59	119,295	Not OK	OK	4	-
17	As 5 joint G	K2	109,63	571,29	221,59	92,496	Not OK	OK	4	-
18	As 5 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	95,419	Not OK	OK	4	-
19	As 6 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	85,672	Not OK	OK	4	-
20	As 6 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	76,788	Not OK	OK	4	-
21	As 6 joint C	K0	109,63	571,29	221,59	82,174	Not OK	OK	4	-
22	As 6 joint F	K3	109,63	571,29	221,59	105,903	Not OK	OK	4	-
23	As 6 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	104,109	Not OK	OK	4	-
24	As 6 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	87,833	Not OK	OK	4	-
25	As 7 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	80,614	Not OK	OK	4	-
26	As 7 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	56,651	Not OK	OK	4	-
27	As 7 joint C	K1	109,63	571,29	221,59	59,053	Not OK	OK	4	-
28	As 7 joint F	K3	109,63	571,29	221,59	86,406	Not OK	OK	4	-
29	As 7 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	82,459	Not OK	OK	4	-
30	As 7 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	73,299	Not OK	OK	4	-
31	As 8 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	107,449	Not OK	OK	4	-
32	As 8 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	46,271	Not OK	OK	4	-
33	As 8 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	92,335	Not OK	OK	4	-
34	As 8 joint D	K2	109,63	571,29	221,59	49,206	Not OK	OK	4	-
35	As 8 joint F	K3	109,63	571,29	221,59	70,303	Not OK	OK	4	-
36	As 8 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	82,154	Not OK	OK	4	-
37	As 8 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	73,344	Not OK	OK	4	-
38	As 9 joint A	K3	109,63	571,29	221,59	85,771	Not OK	OK	4	-
39	As 9 joint B	K3	109,63	571,29	221,59	117,872	Not OK	OK	4	-
40	As 9 joint C	K3	109,63	571,29	221,59	148,142	Not OK	OK	4	-
41	As 9 joint F	K3	109,63	571,29	221,59	69,505	Not OK	OK	4	-
42	As 9 joint G	K3	109,63	571,29	221,59	72,387	Not OK	OK	4	-
43	As 9 joint H	K3	109,63	571,29	221,59	64,667	Not OK	OK	4	-

Lantai 2-2 (mezz) (elev. +4.50 s/d +8.20)										
No	Lokasi Kolom	Tipe Kolom	Eksisting	Confinement	Mpr Balok	SAP 2000	Keterangan		Perkuatan	
			ØVs (kN)	ØVs (kN)	Ve1 (kN)	Vu (kN)	Lo T	Luar Lo L	CFRP WRAP (lapis)	T L
1	As 1 joint C	K3	109,63	571,29	210,97	92,437	Not OK	OK	4	-
2	As 1 joint E	K3	109,63	571,29	210,97	101,228	Not OK	OK	4	-
3	As 2 joint C	K3	109,63	571,29	210,97	233,377	Not OK	OK	4	-
4	As 2 joint E	K3	109,63	571,29	210,97	228,637	Not OK	OK	4	-
5	As 3 joint C	K3	109,63	571,29	210,97	177,726	Not OK	OK	4	-
6	As 3 joint E	K3	109,63	571,29	210,97	214,536	Not OK	OK	4	-
7	As 4 joint A	K3	109,63	571,29	210,97	129,65	Not OK	OK	4	-
8	As 4 joint B	K3	109,63	571,29	210,97	137,417	Not OK	OK	4	-
9	As 4 joint C	K3	109,63	571,29	210,97	159,517	Not OK	OK	4	-
10	As 4 joint D	K3	109,63	571,29	210,97	162,238	Not OK	OK	4	-
11	As 4 joint G	K3	109,63	571,29	210,97	140,624	Not OK	OK	4	-
12	As 4 joint H	K3	109,63	571,29	210,97	103,639	Not OK	OK	4	-
13	As 5 joint A	K3	109,63	571,29	210,97	97,894	Not OK	OK	4	-
14	As 5 joint B	K3	109,63	571,29	210,97	111,547	Not OK	OK	4	-
15	As 5 joint C	K3	109,63	571,29	210,97	145,997	Not OK	OK	4	-
16	As 5 joint D	K3	109,63	571,29	210,97	155,38	Not OK	OK	4	-
17	As 5 joint G	K3	109,63	571,29	210,97	112,574	Not OK	OK	4	-
18	As 5 joint H	K3	109,63	571,29	210,97	79,154	Not OK	OK	4	-
20	As 6 joint B	K3	109,63	571,29	210,97	91,434	Not OK	OK	4	-
21	As 6 joint C	K3	109,63	571,29	210,97	96,562	Not OK	OK	4	-
22	As 6 joint F	K3	109,63	571,29	210,97	81,829	Not OK	OK	4	-
23	As 6 joint G	K3	109,63	571,29	210,97	128,125	Not OK	OK	4	-
24	As 6 joint H	K3	109,63	571,29	210,97	130,923	Not OK	OK	4	-
25	As 7 joint A	K3	109,63	571,29	210,97	89,967	Not OK	OK	4	-
26	As 7 joint B	K3	109,63	571,29	210,97	100,808	Not OK	OK	4	-
27	As 7 joint C	K3	109,63	571,29	210,97	70,707	Not OK	OK	4	-
28	As 7 joint F	K3	109,63	571,29	210,97	66,407	Not OK	OK	4	-
29	As 7 joint G	K3	109,63	571,29	210,97	106,797	Not OK	OK	4	-
30	As 7 joint H	K3	109,63	571,29	210,97	118,952	Not OK	OK	4	-
32	As 8 joint B	K3	109,63	571,29	210,97	98,014	Not OK	OK	4	-
33	As 8 joint C	K3	109,63	571,29	210,97	75,378	Not OK	OK	4	-
34	As 8 joint D	K3	109,63	571,29	210,97	172,48	Not OK	OK	4	-
35	As 8 joint F	K3	109,63	571,29	210,97	46,418	Not OK	OK	4	-
36	As 8 joint G	K3	109,63	571,29	210,97	125,425	Not OK	OK	4	-
37	As 8 joint H	K3	109,63	571,29	210,97	131,863	Not OK	OK	4	-
38	As 9 joint A	K3	109,63	571,29	210,97	95,436	Not OK	OK	4	-
39	As 9 joint B	K3	109,63	571,29	210,97	116,466	Not OK	OK	4	-
40	As 9 joint C	K3	109,63	571,29	210,97	144,256	Not OK	OK	4	-
41	As 9 joint F	K3	109,63	571,29	210,97	85,123	Not OK	OK	4	-
42	As 9 joint G	K3	109,63	571,29	210,97	97,902	Not OK	OK	4	-
43	As 9 joint H	K3	109,63	571,29	210,97	70,894	Not OK	OK	4	-



REFURBISHMENT STRUCTURAL STRENGTHENING WITH SIKA SYSTEMS

SIKA PROVIDES FULLY COMPREHENSIVE SOLUTIONS WITH COMPLETE SYSTEM FOR ALL KINDS OF STRUCTURAL STRENGTHENING AND IMPROVEMENT. WHETHER INCREASING THE BENDING, SHEAR OR IMPACT RESISTANCE. TESTED AND PROVEN SIKA SYSTEMS ARE AVAILABLE FOR USE ON REINFORCED CONCRETE, WOOD, AND MASONRY LOAD-BEARING STRUCTURES.

SIKA STRENGTHENING SYSTEMS

Sika® CarboDur® System

It consists of Sika® CarboDur® CFRP Plates and Rods, together with the structural epoxy resin based adhesives Sikadur®-30. Mostly used for flexural strengthening of dynamic and static loaded structures such as bridges, buildings or factories. This simple, tested and well proven, highly durable system has outstanding performance.

SikaWrap® Fabric Strengthening System

It consists of woven or stitched, unidirectional, carbon fibre fabrics SikaWrap® and Sikadur® impregnating resins. Sikadur®-330 or Sikadur®-300. The installation is extremely flexible and accommodating of different surface planes and geometry, making this a very multi functional material for many applications including confinement, shear, seismic upgrading and weak substrate strengthening.

Product	Tensile strength (MPa)	E-modulus (MPa)	Strain at failure (%)	Thickness (mm)	Width/Diameter (mm)
---------	------------------------	-----------------	-----------------------	----------------	---------------------

Sika® CarboDur® - Plate

S-512	2,800	160,000	> 1.7	1.2	50
S-812	2,800	160,000	> 1.7	1.2	80
S-1012	2,800	160,000	> 1.7	1.2	100

Sika® CarboDur® - Rod

BC 8	3,100	148,000	> 1.7	-	Ø8
BC 10	3,100	148,000	> 1.7	-	Ø10

SikaWrap® - Fabric

231C	4,800	234,000	> 1.8	0.131	500
301C	4,900	230,000	> 1.7	0.167	500
600C	3,800	235,000	> 1.43	0.331	500

Product	Tensile E-modulus (MPa)	Tensile strength (MPa)	Adhesive strength on concrete (MPa)
---------	-------------------------	------------------------	-------------------------------------

Epoxy adhesive for Sika® CarboDur® Plate and Rod

Sikadur®-30	11,200	26	> 4
-------------	--------	----	-----

Epoxy adhesive for Sika® Wrap Fabric

Sikadur®-330	4,500	30	> 4
Sikadur®-300	3,500	45	> 4

FLEXURAL STRENGTHENING



SHEAR STRENGTHENING



CONFINEMENT STRENGTHENING



TUGAS AKHIR - RC 145501

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP)* DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH SURABAYA

MOH. SAFI'I MANSUR

NRP. 10111715000047

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.

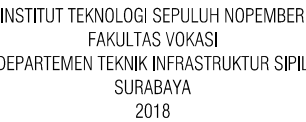
NIP. 19630726 198903 003

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

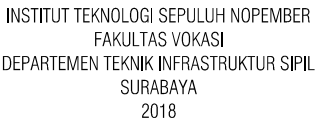
[illegible]

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

:400

01

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safili Mansur
NRP. 10111715000047

[illegible]

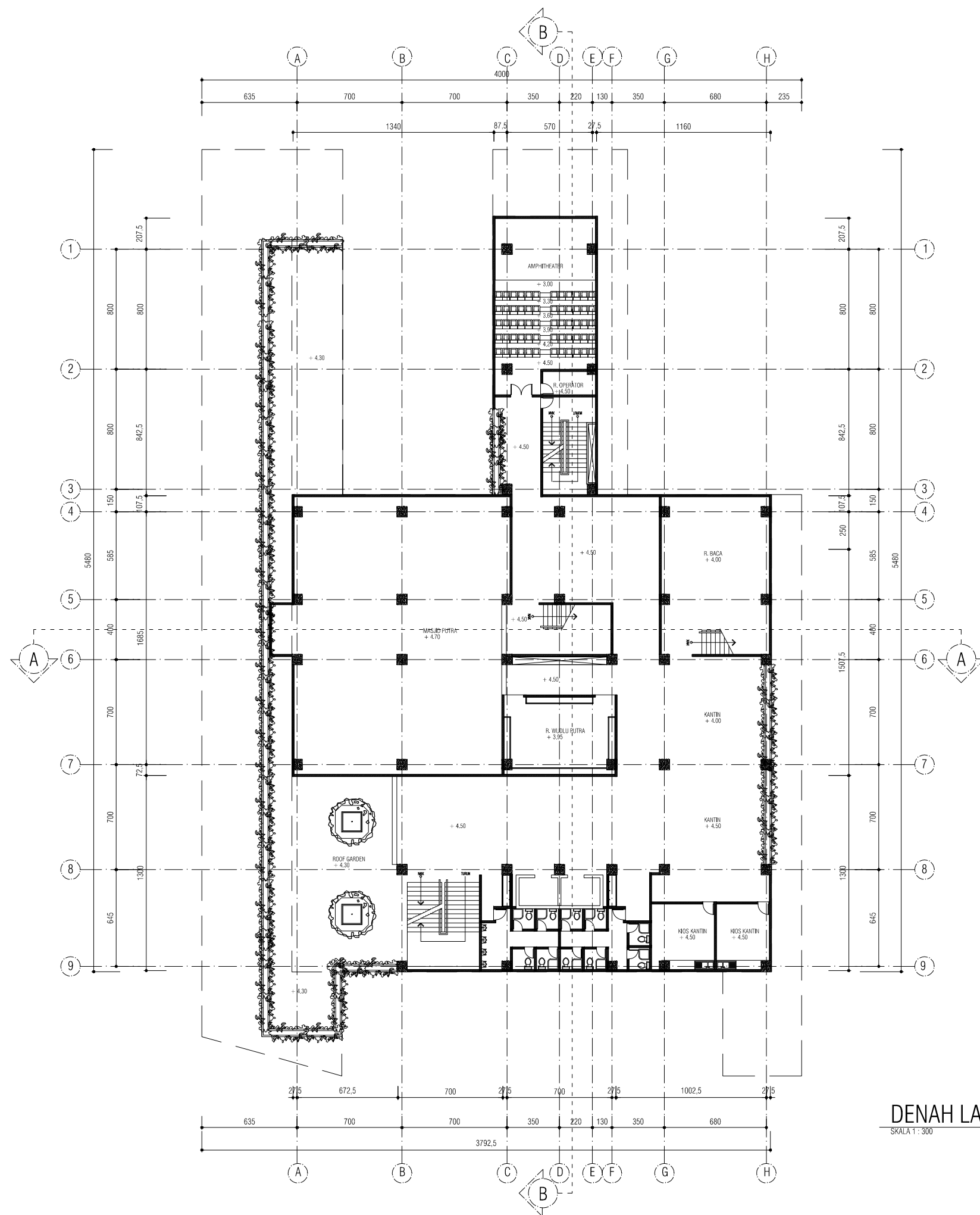
GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI 1 (Eksisting)	1:300

DOKUMEN	KODE	NO. LBR
GAMBAR KERJA	ARS	02
TGL. 16 JUNI 2018		

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.





DENAH LANTAI 2 (Eksisting)

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER*
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI 2 (Eksisting)	1:300

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	ARS	03

TGL. 16 JUNI 2018
HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER*
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

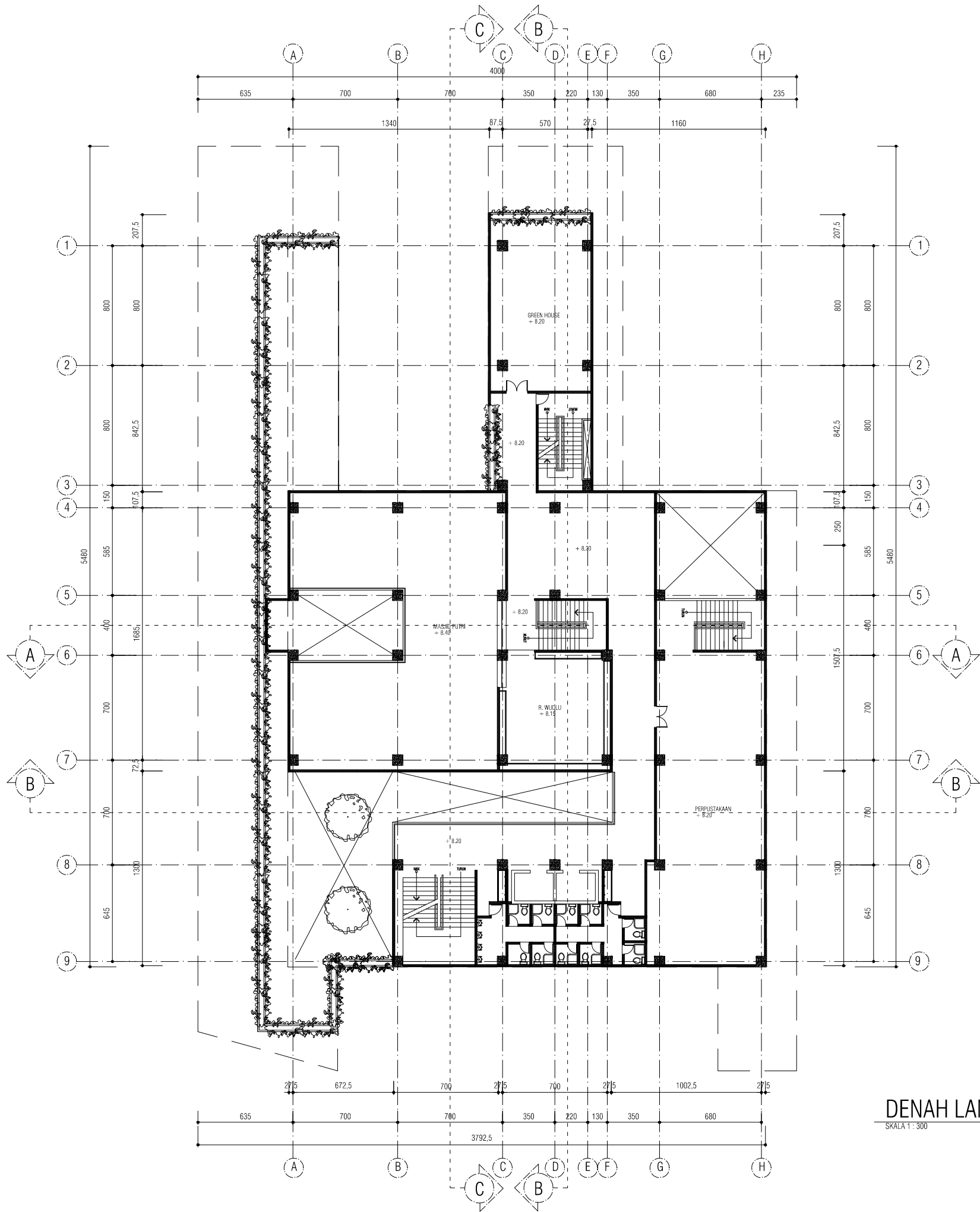
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI 3 (Eksisting)	1:300

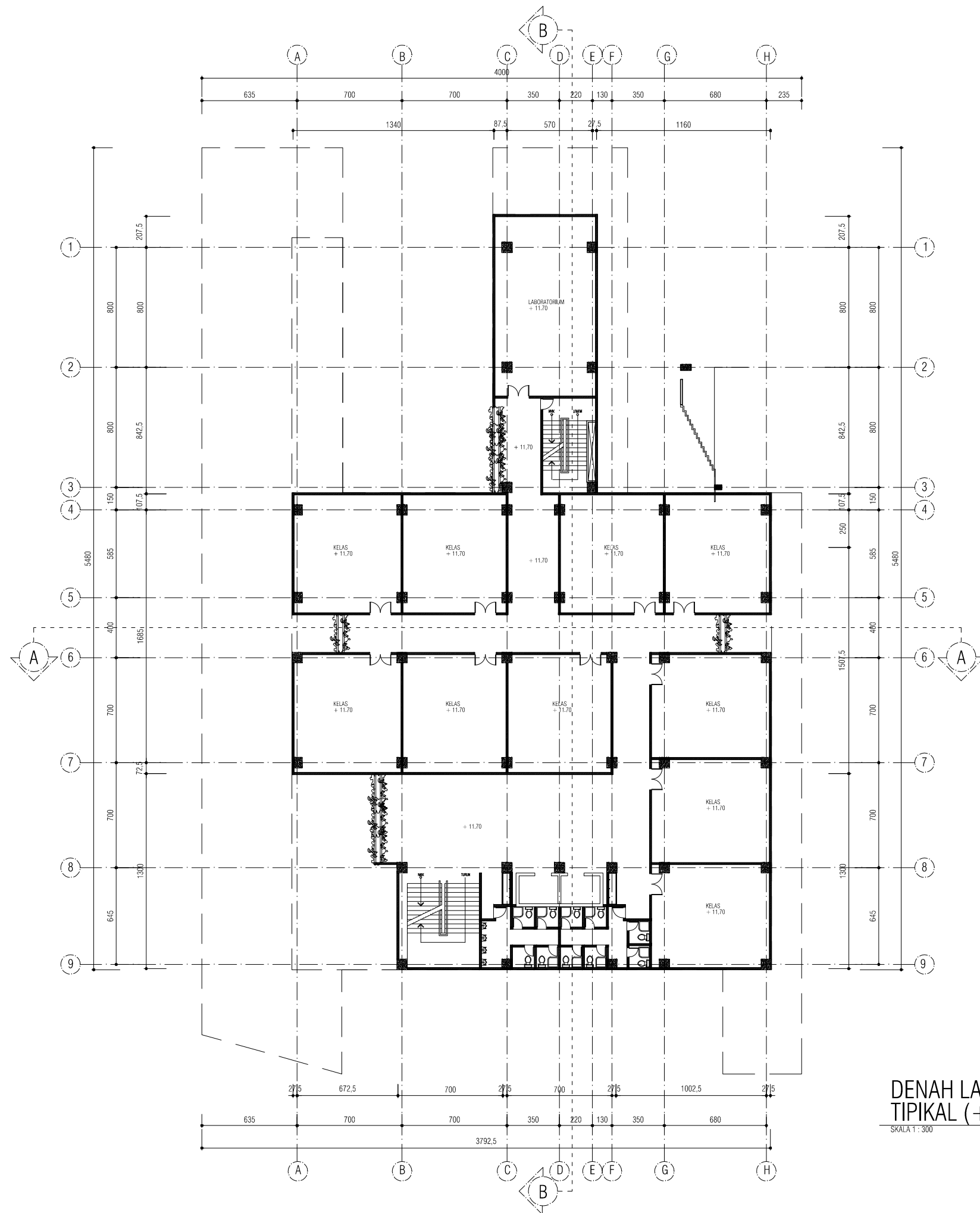
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	ARS	04
TGL. 16 JUNI 2018		

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



DENAH LANTAI 2 (MEZZANINE) (Eksisting)

SKALA 1 : 300



DENAH LANTAI 3,4,5
TIPIKAL (+ 4.00/LANTAI) (Eksisting)



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

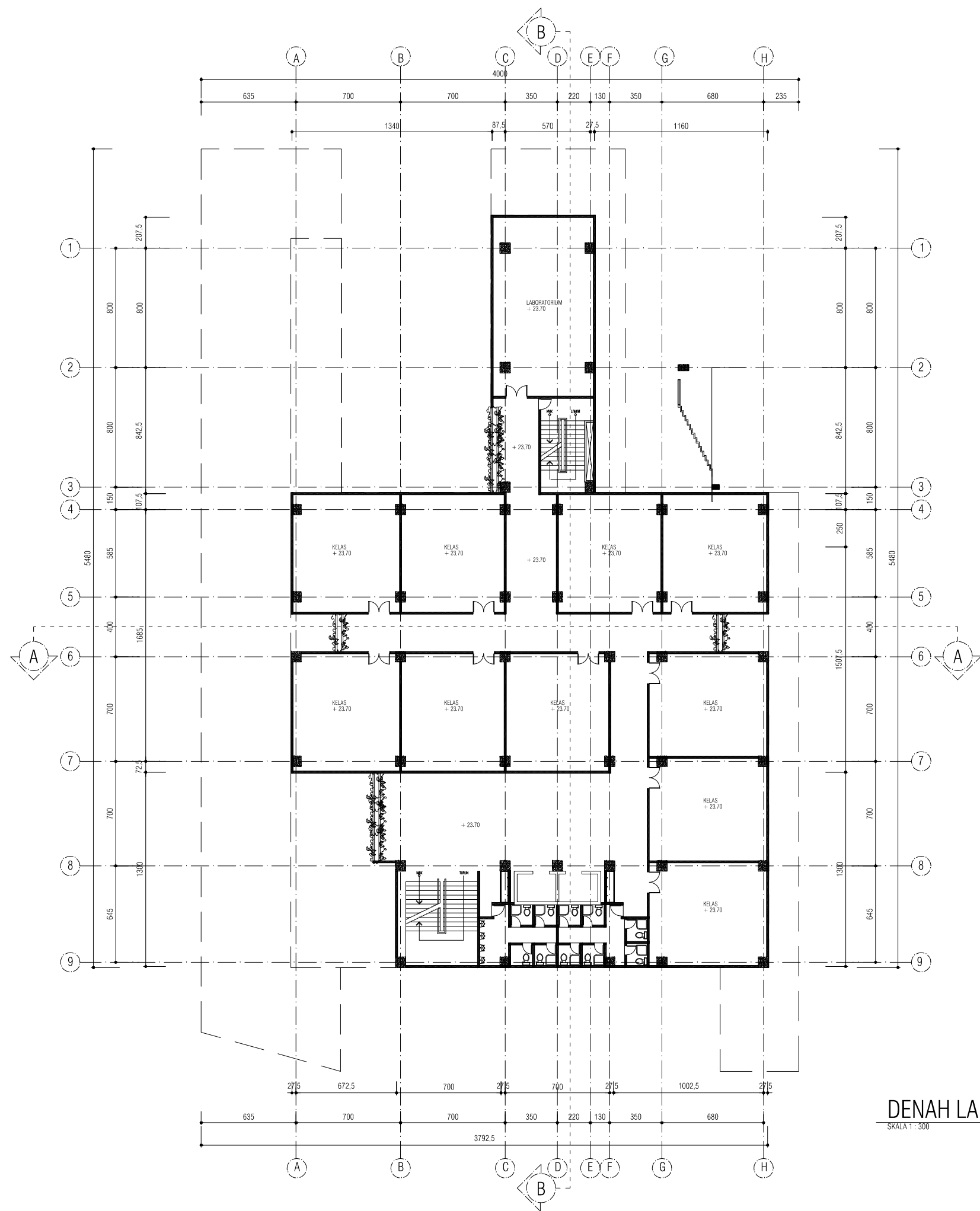
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI 4 (Eksisting)	1:300

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	ARS	05

TGL. 16 JUNI 2018
HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



DENAH LANTAI 6 (Eksisting)

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI 4 (Eksisting)	1:300

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	ARS	06
TGL. 16 JUNI 2018		
HAK CIPTA : SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.		



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

[illegible]

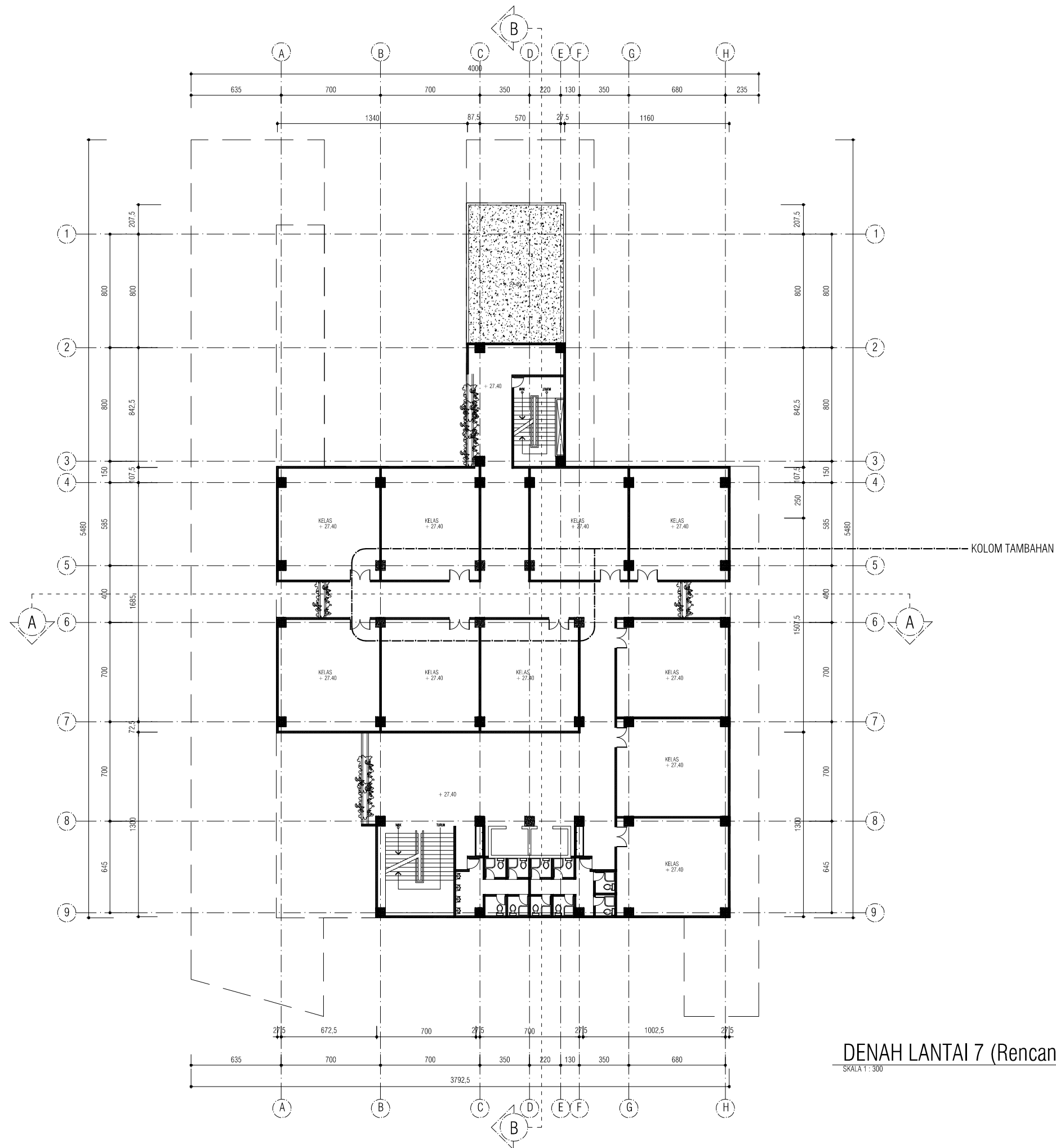
GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI 5 (Eksisting)	1:300

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 16 JUNI 2018	ARS	07

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

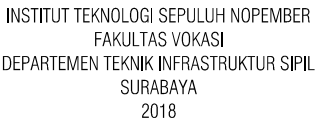
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI 6 (Eksisting)	1:300

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 16 JUNI 2018	ARS	08

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

[illegible]

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI 7 (Eksisting)	1:300

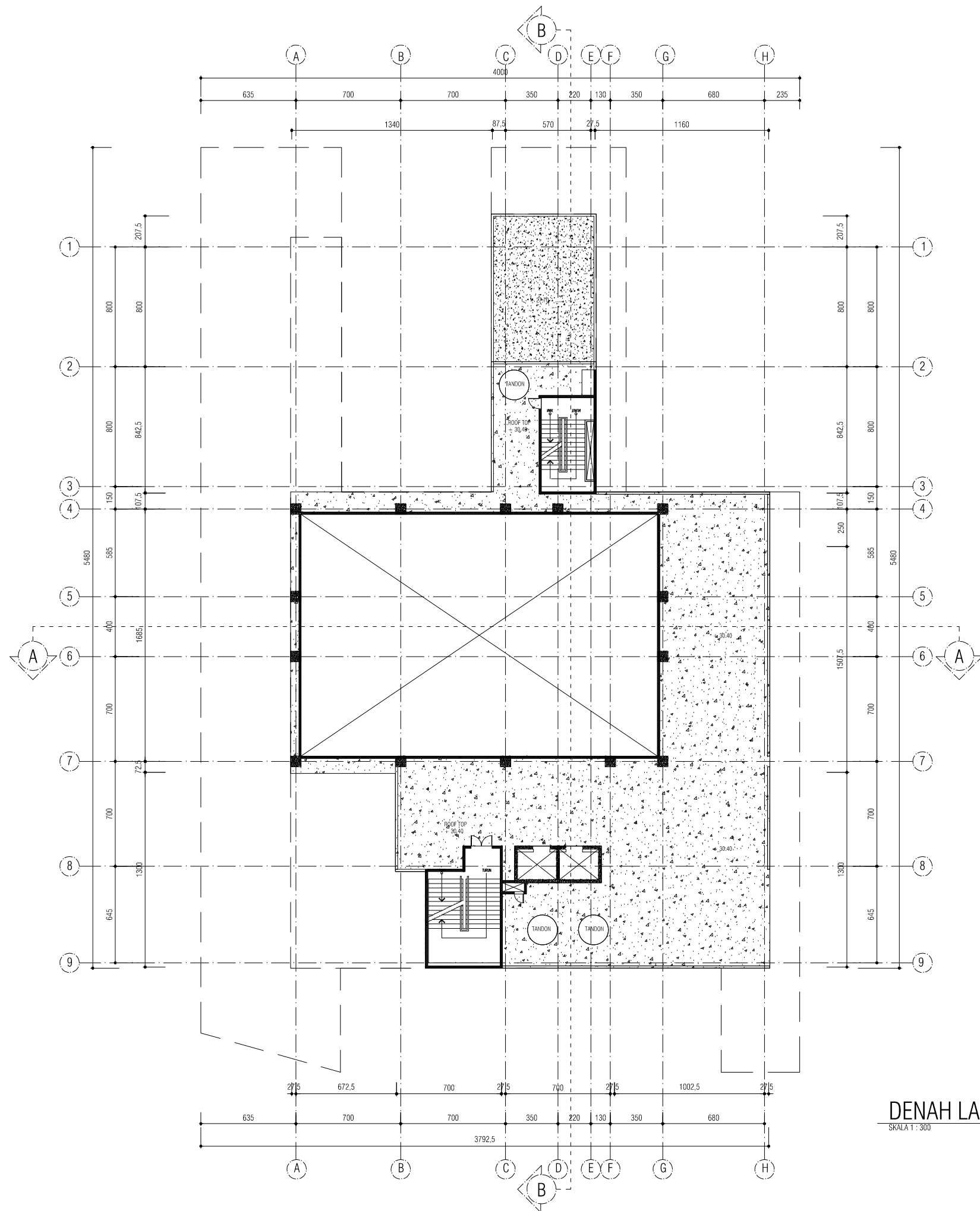
DOKUMEN
GAMBAR KERJA

0. LBR

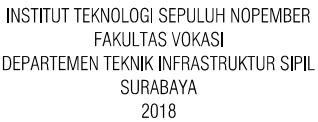
RS

09

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



DENAH LANTAI 8 (Eksisting)



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 16 JUNI 2018	ARS	10

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



SKALA 1 : 300



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

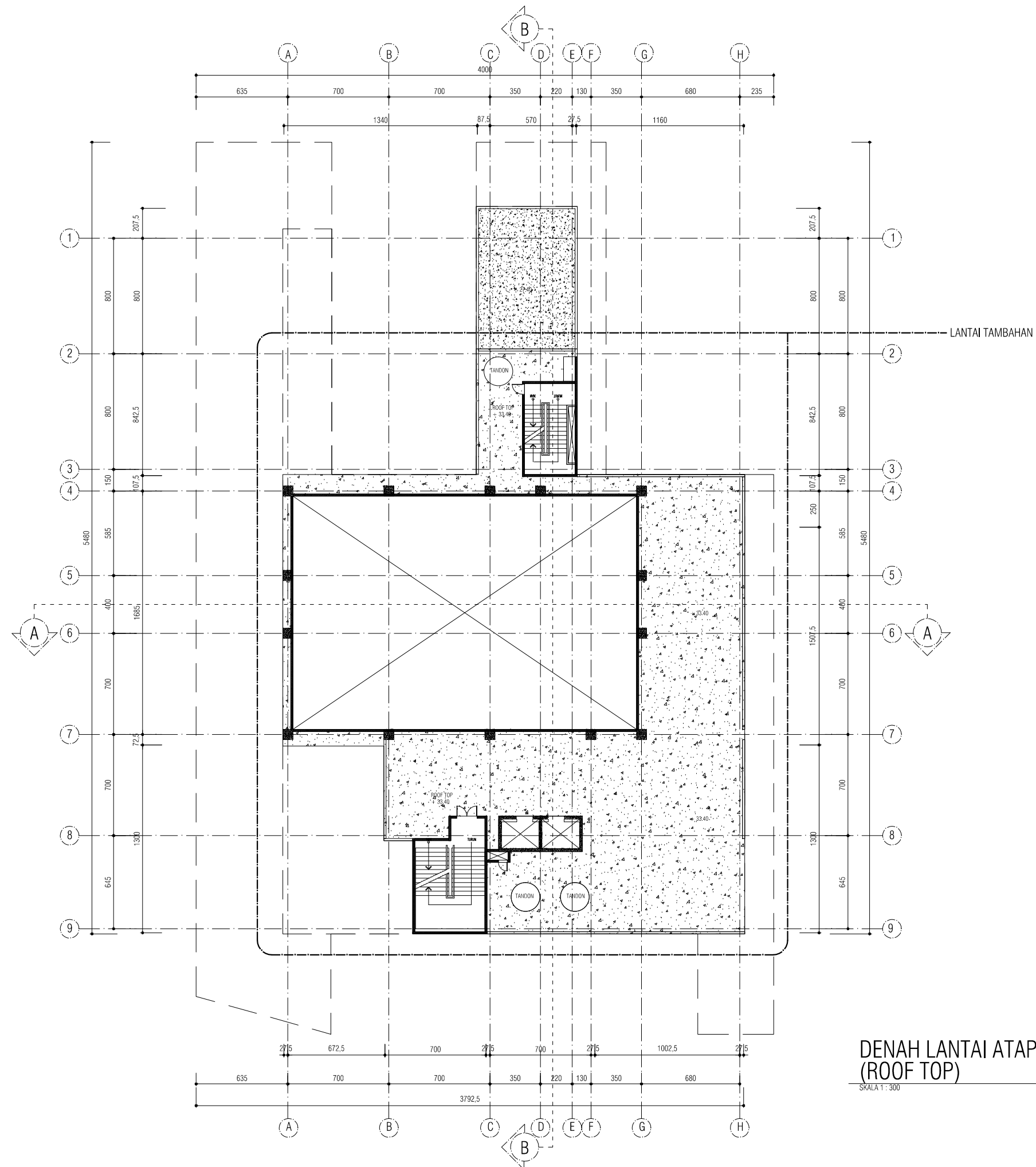
[illegible]

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH LANTAI 8 (Rencana Lantai Tambahan)	1:300

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 16 JUNI 2018	ARS	11

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



DENAH LANTAI ATAP (Rencana Lantai Tambahan)
(ROOF TOP)

SKALA 1 : 300

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

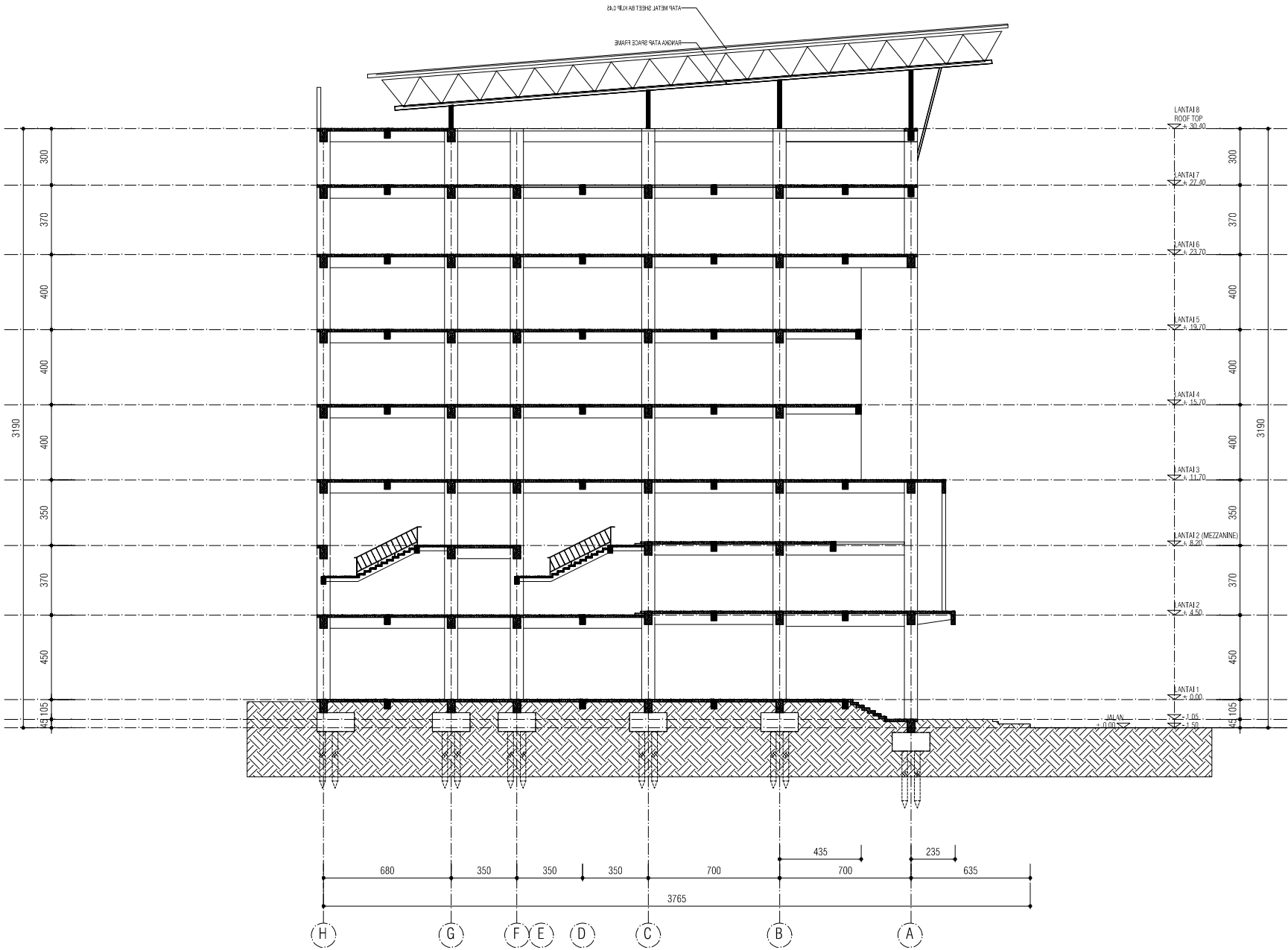
GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

DOKUMEN	KODE	NO. LBR
GAMBAR KERJA	ARS	12
TGL. 16 JUNI 2018		

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNG OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



SKALA 1 : 300



POTONGAN STRUKTUR A-A (Eksisting)
SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER*
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Saifi Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN A-A (Eksisting)	1:300

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	ARS	13

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safii Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

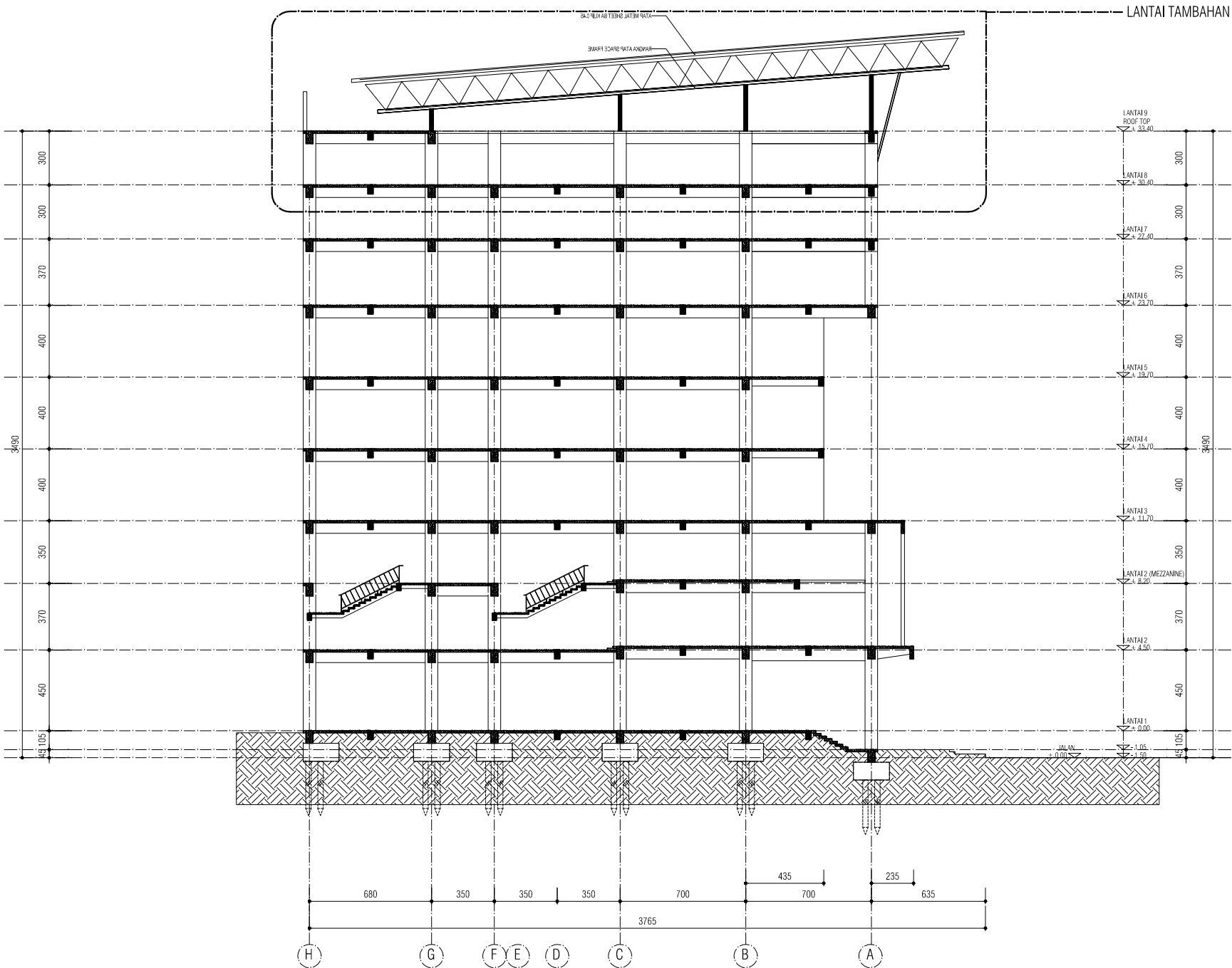
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN A-A (Rencana)	1:300

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	ARS	14

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



POTONGAN STRUKTUR A-A (Rencana)

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER*
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

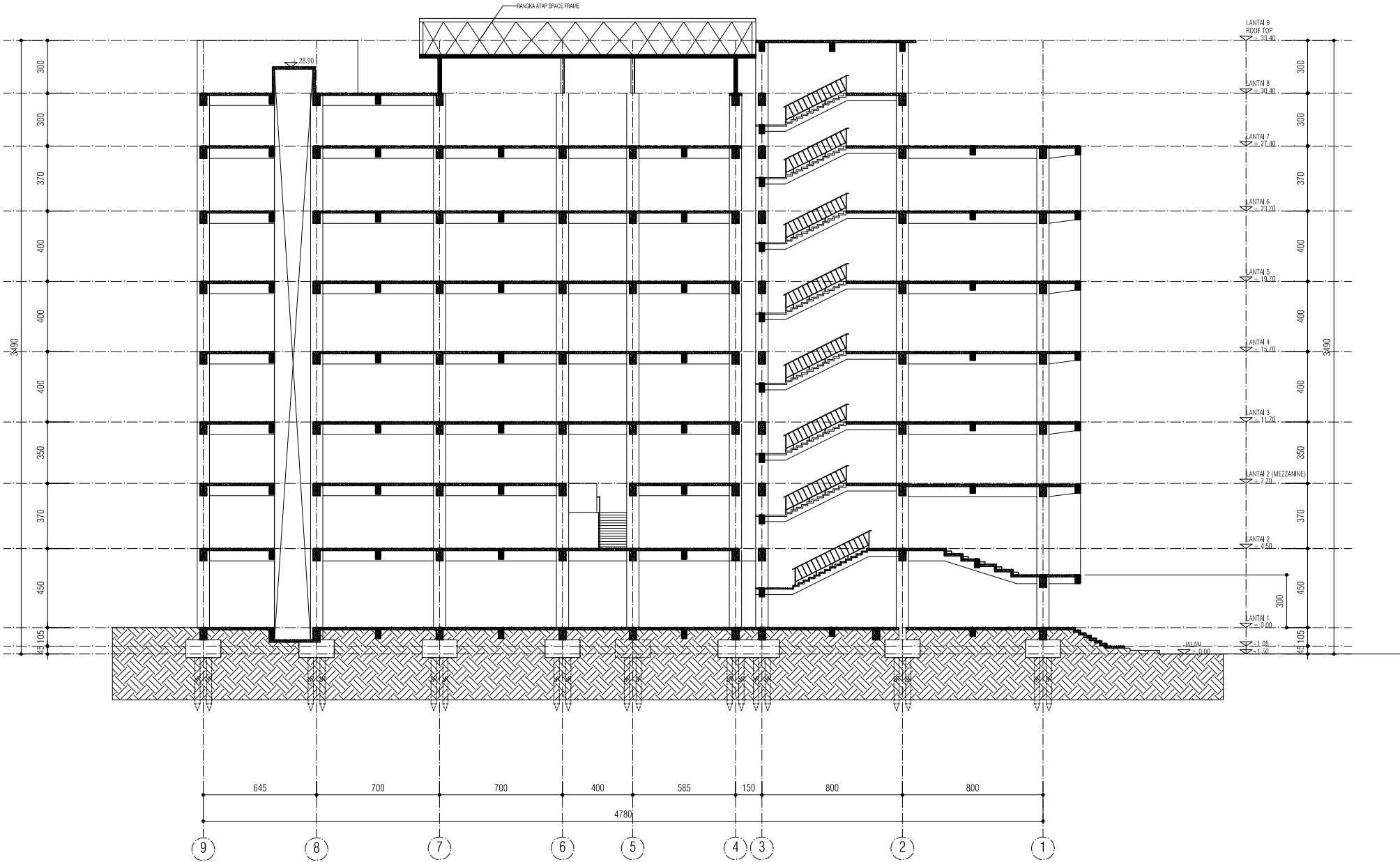
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

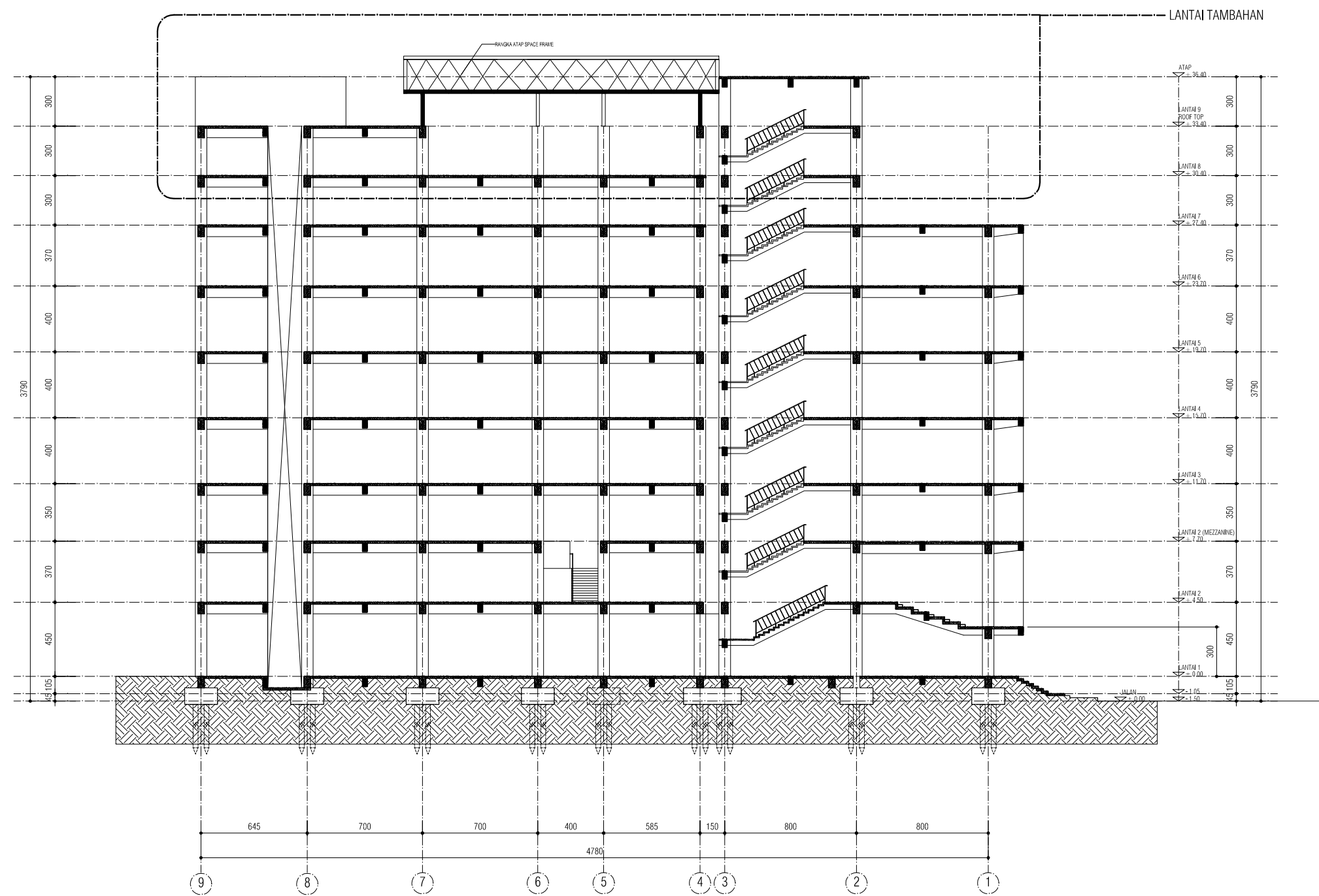
JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN D-D (Eksisting)	1:300

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	ARS	15

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



POTONGAN STRUKTUR B-B (Eksisting)
SKALA 1 : 300



POTONGAN STRUKTUR B-B (Rencana)
SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER*
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR

POTONGAN D-D (Rencana)

SKALA

1:300

DOKUMEN

GAMBAR KERJA

TGL. 16 JUNI 2018

KODE

ARS

NO. LBR

16

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

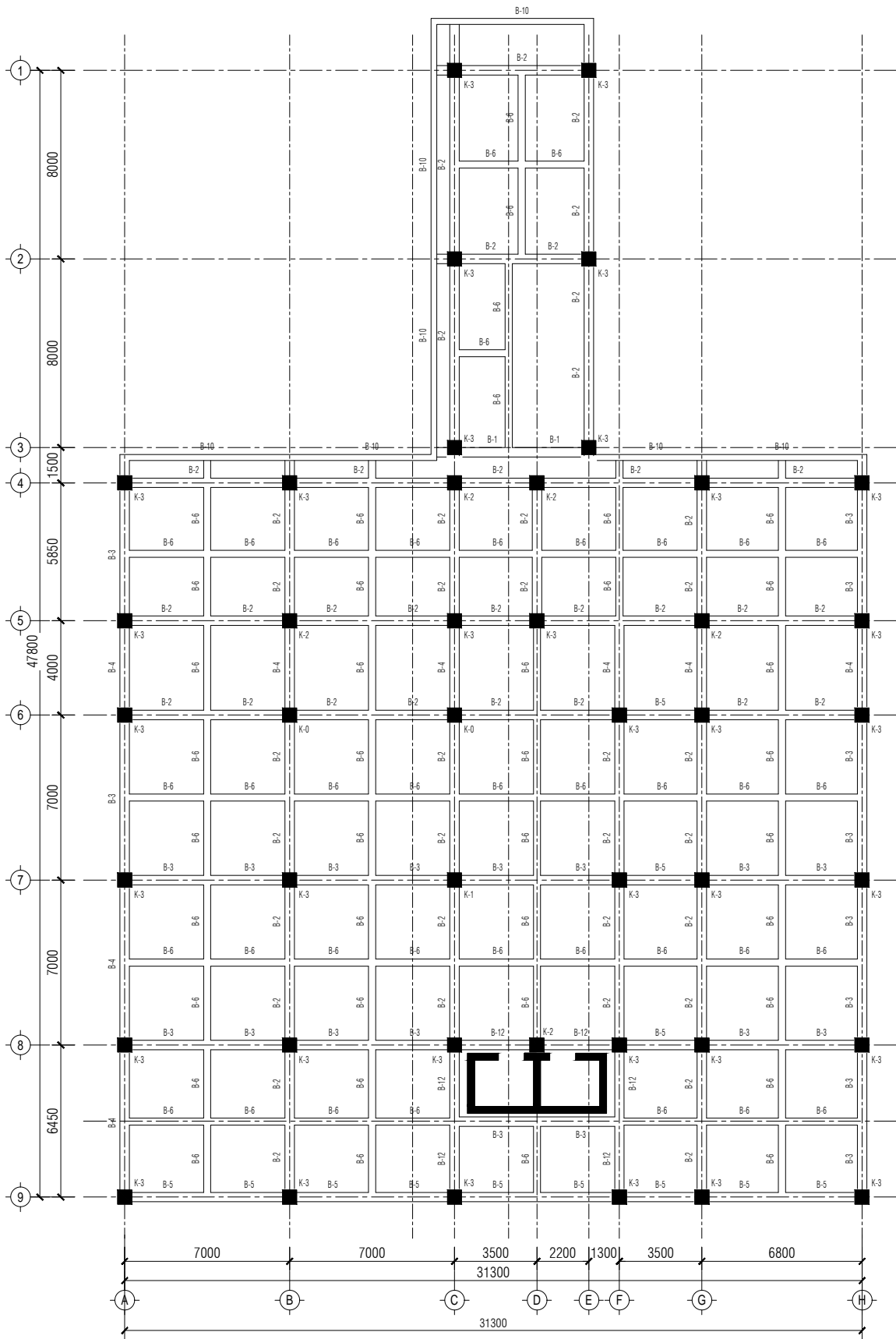
Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR		SKALA
DENAH SLOOF		1:250
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	17
TGL. 04 JULI 2018		
HAK CIPTA : SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.		



DENAH SLOOF (elv. ± 0.00)

SKALA 1 : 250

KETERANGAN :
B-1 = 40x60
B-2 = 40x60
B-3 = 40x60
B-4 = 40x60
B-5 = 40x60
B-6 = 30x50
B-10 = 25x40
B-12 = 45x60
K-0 = 60x60
K-1 = 60x60
K-2 = 60x60
K-3 = 60x60



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

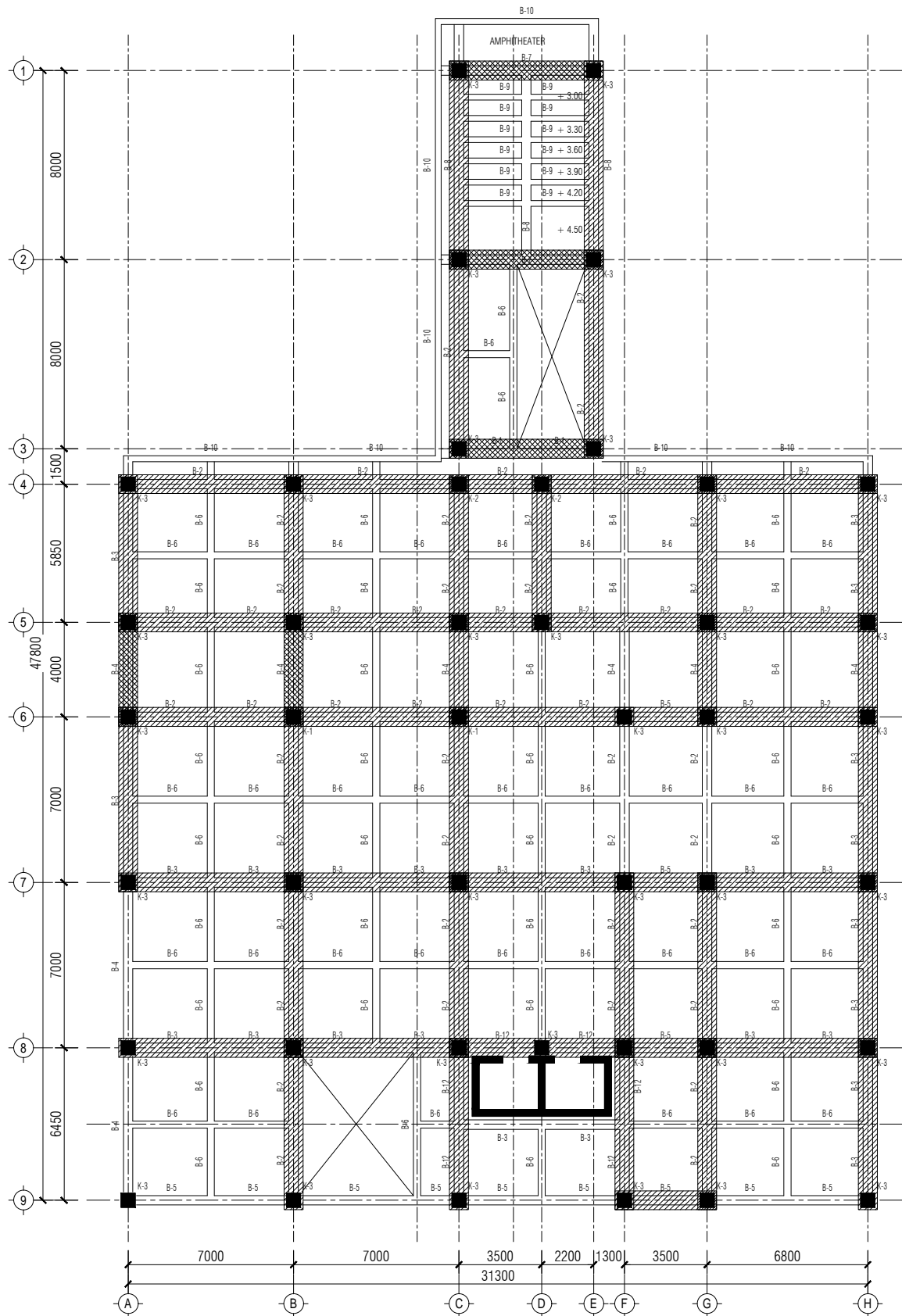
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH BALOK LT.2 (elv. + 4.50)	1:250
DENAH BALOK LT.2 (MEZZANINE elv. +8.20)	1:250

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 04 JULI 2018	STR	18

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.

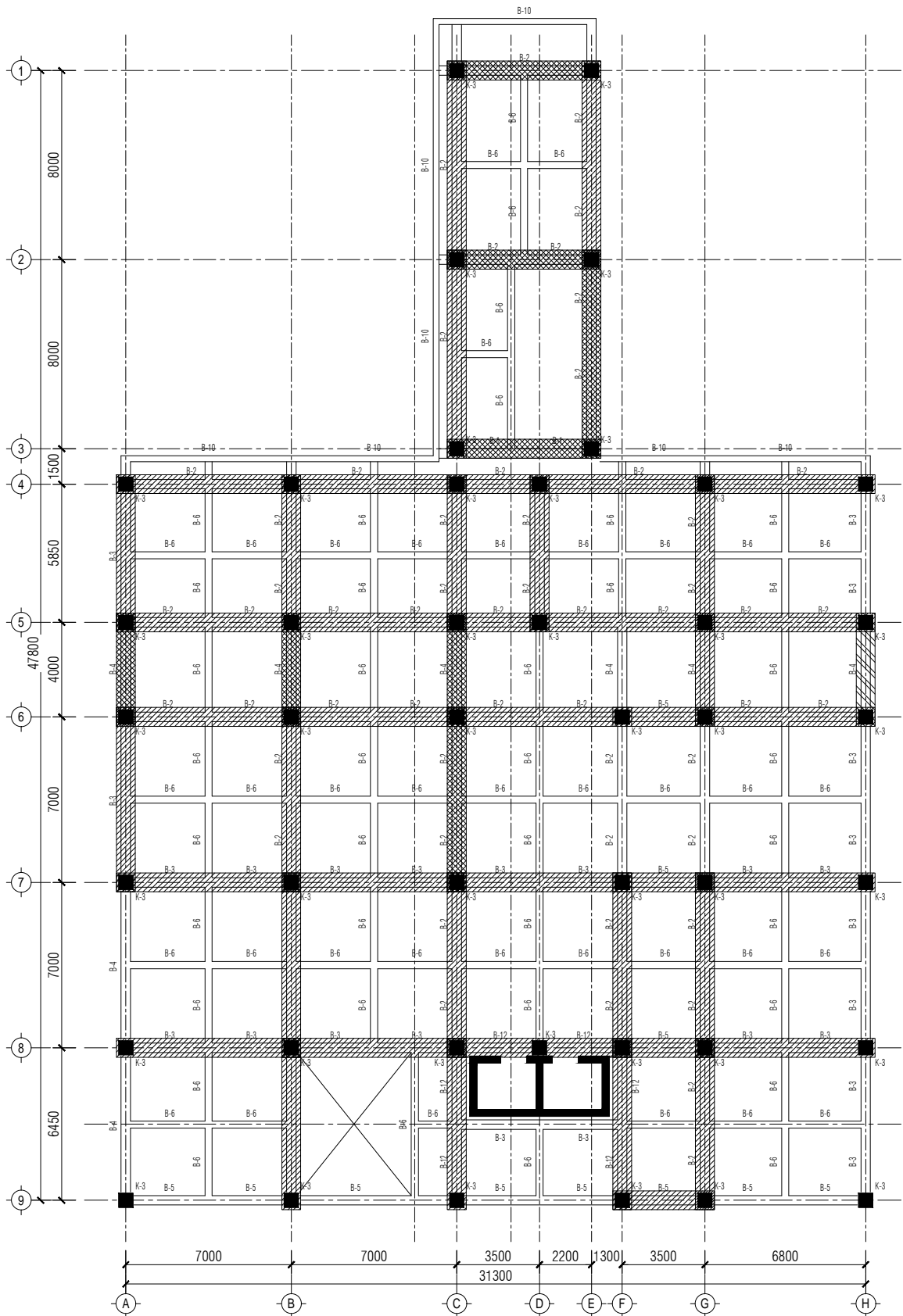


DENAH BALOK LT.2 (elv. + 4.50)

SKALA 1 : 250

KETERANGAN :

- BALOK DENGAN PERKUATAN LENTUR & GESER
- BALOK DENGAN PERKUATAN GESER
- BALOK DENGAN PERKUATAN LENTUR

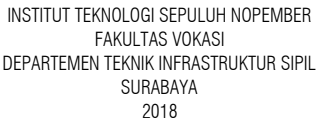


DENAH BALOK LT.2 (MEZZANINE elv. +8.20)

SKALA 1 : 250

KETERANGAN :

- B-1 = 40x60
- B-2 = 40x60
- B-3 = 40x60
- B-4 = 40x60
- B-5 = 40x60
- B-6 = 30x50
- B-7 = 40x70
- B-8 = 40x70
- B-9 = 20x45
- B-10 = 25x40
- B-12 = 45x60
- K-1 = 60x60
- K-2 = 60x60
- K-3 = 60x60



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003




Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

DOKUMEN	KODE	NO. LBR
GAMBAR KERJA	STR	19
TGL. 04 JULI 2018		

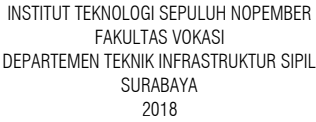
HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



 = BALOK DENGAN PERKUATAN LENTUR & GESER
 = BALOK DENGAN PERKUATAN GESER
 = BALOK DENGAN PERKUATAN LENTUR



B-1 = 40x60	B-6 = 30x50	B-12 = 45x60
B-2 = 40x60	B-7 = 40x70	K-1 = 60x60
B-3 = 40x60	B-8 = 40x70	K-2 = 60x60
B-4 = 40x60	B-9 = 20x45	K-3 = 60x60
B-5 = 40x60	B-10 = 25x40	



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA




Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

DOKUMEN	KODE	NO. LBR
GAMBAR KERJA	STR	20
TGL. 04.11.2018		

KETERANGAN :

	= BALOK DENGAN PERKUATAN LENTUR & GESER
	= BALOK DENGAN PERKUATAN GESER
	= BALOK DENGAN PERKUATAN LENTUR

SKALA 1 : 250



B-1 = 40x60	B-6 = 30x50	B-12 = 45x60
B-2 = 40x60	B-7 = 40x70	K-1 = 60x60
B-3 = 40x60	B-8 = 40x70	K-2 = 60x60
B-4 = 40x60	B-9 = 20x45	K-3 = 60x60
B-5 = 40x60	B-10 = 25x40	



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER*
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

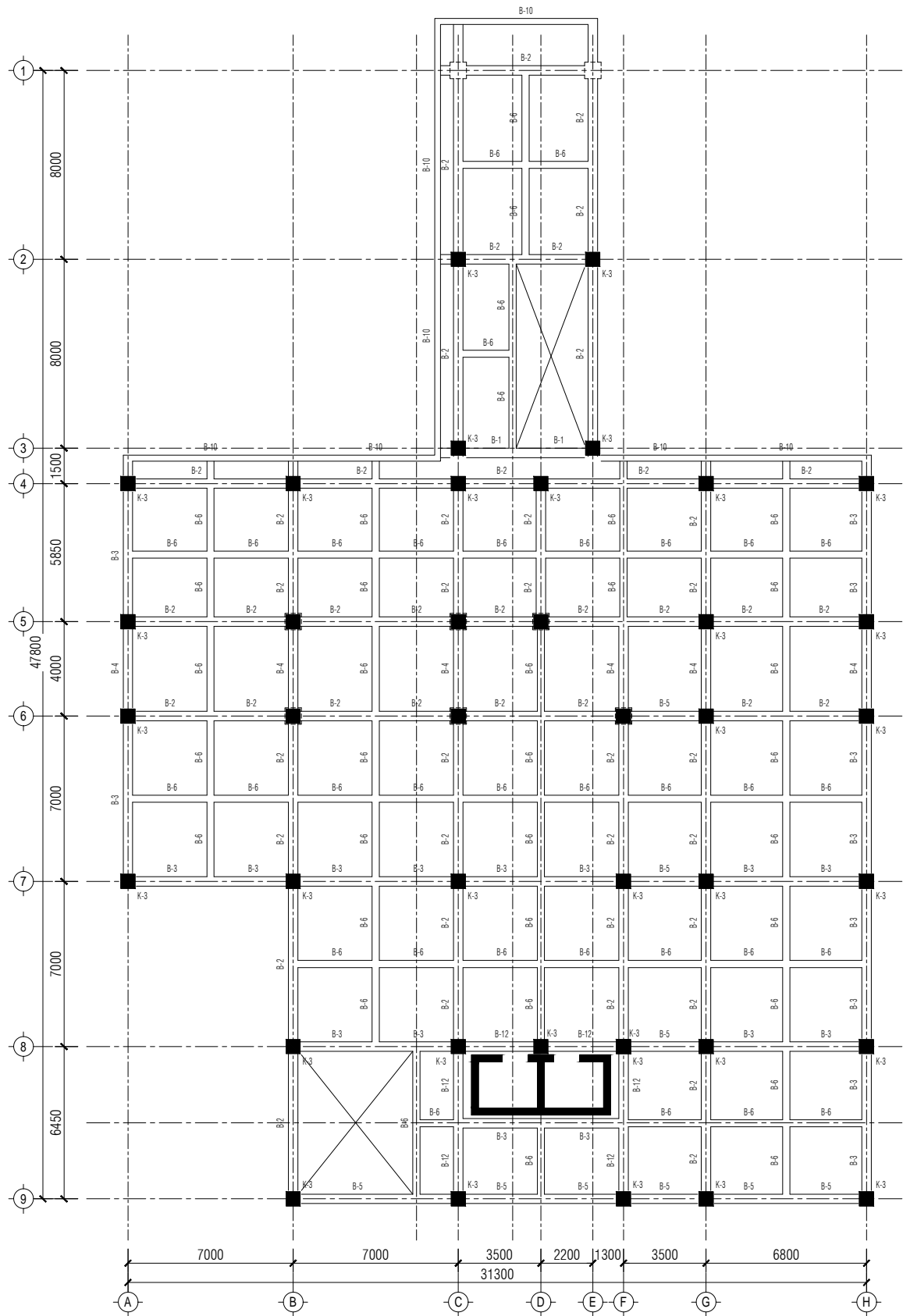
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH BALOK LT.7 (elv. +27.40)	1:250
DENAH BALOK LT.8 (elv. +30.40)	1:250

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	21

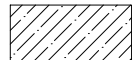
TGL. 04 JULI 2018
HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



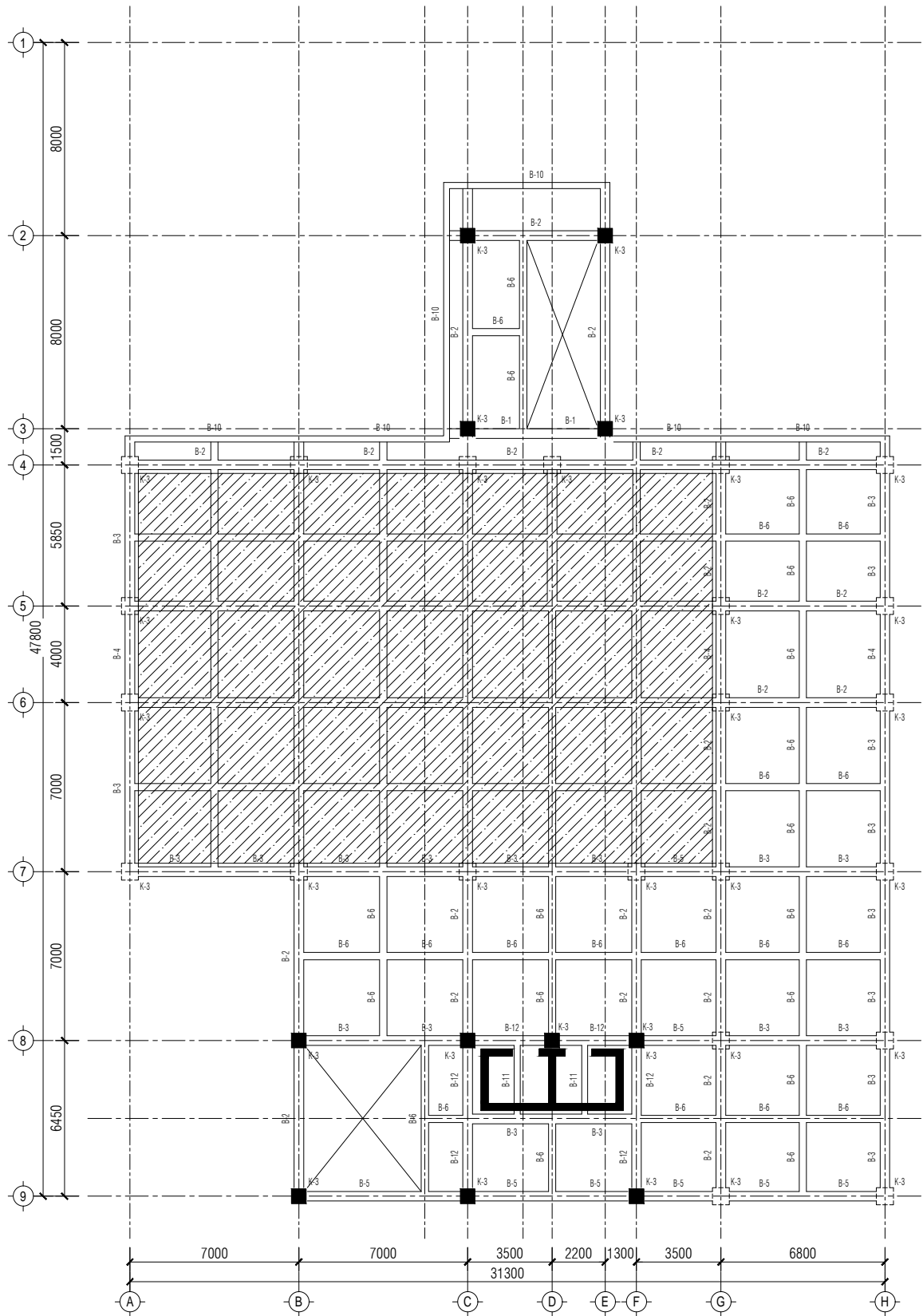
DENAH BALOK LT.7 (elv. +27.40)

SKALA 1 : 250

KETERANGAN



: KEBUTUHAN STRUKTUR TAMBAHAN TIDAK DIHITUNG



DENAH BALOK LT.8 (elv. +30.40)

SKALA 1 : 250

KETERANGAN :

B-1 = 40x60 B-6 = 30x50 B-12 = 45x60
B-2 = 40x60 B-7 = 40x70 K-1 = 60x60
B-3 = 40x60 B-8 = 40x70 K-2 = 60x60
B-4 = 40x60 B-9 = 20x45 K-3 = 60x60
B-5 = 40x60 B-10 = 25x40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

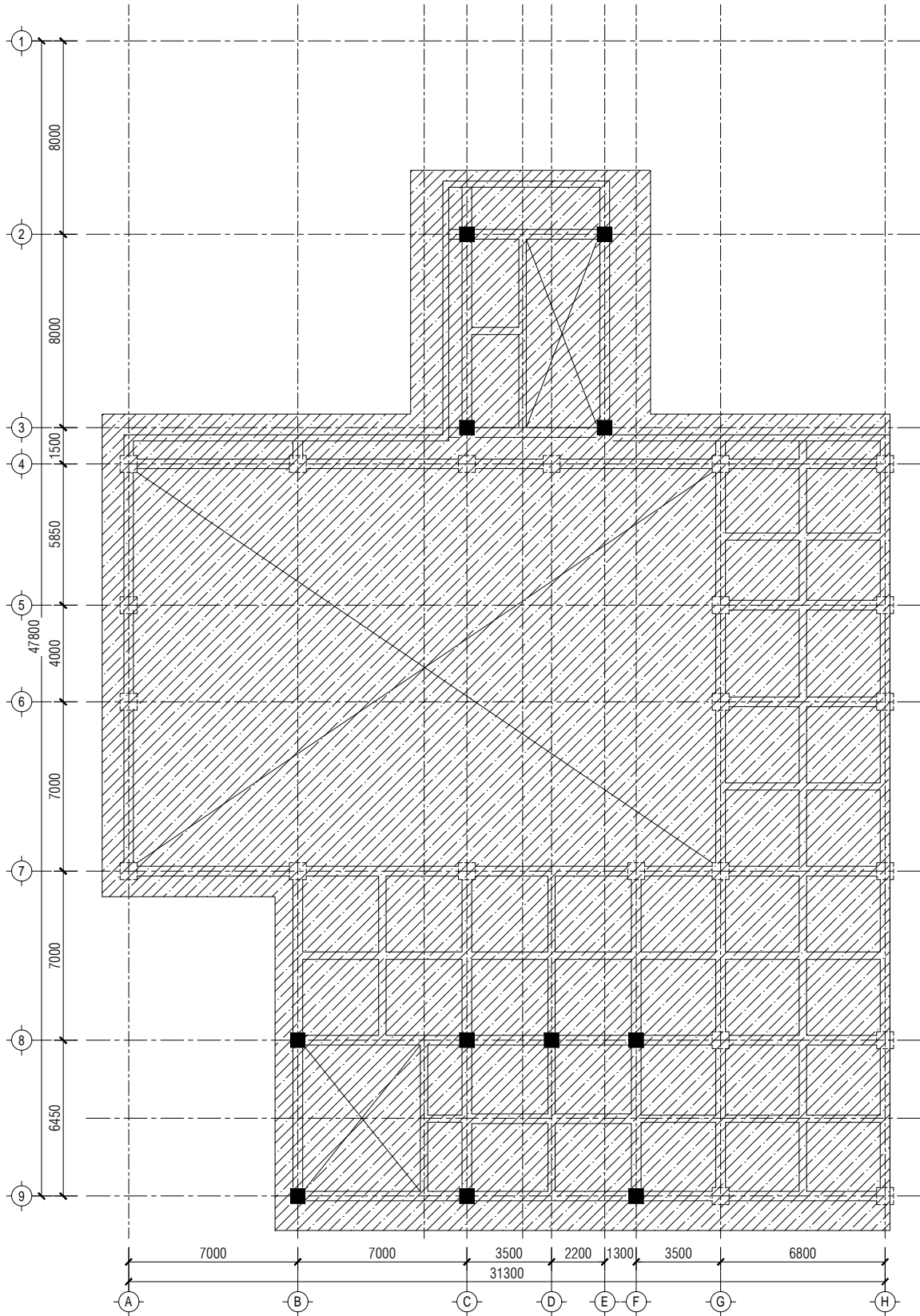
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH BALOK LT.9 (ROOF TOP elv. +33.40)	1:250
DENAH BALOK ATAP (elv. +36.40)	1:250

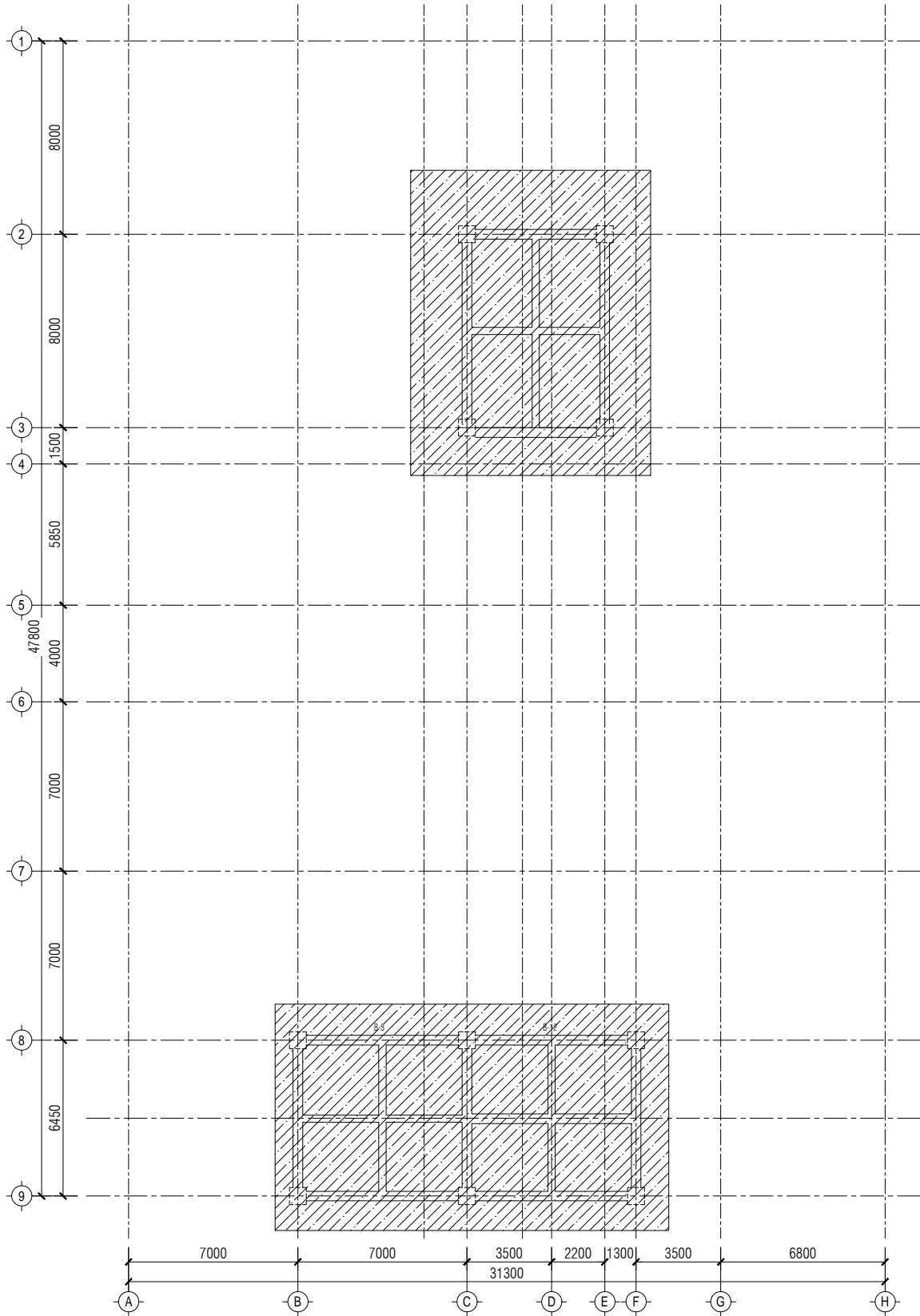
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	22
TGL. 04 JULI 2018		

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



DENAH BALOK LT.9 (ROOF TOP elv. +33.40)

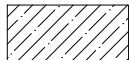
SKALA 1 : 250



DENAH BALOK ATAP (elv. +36.40)

SKALA 1 : 250

KETERANGAN



: KEBUTUHAN STRUKTUR TAMBAHAN TIDAK DIHITUNG



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

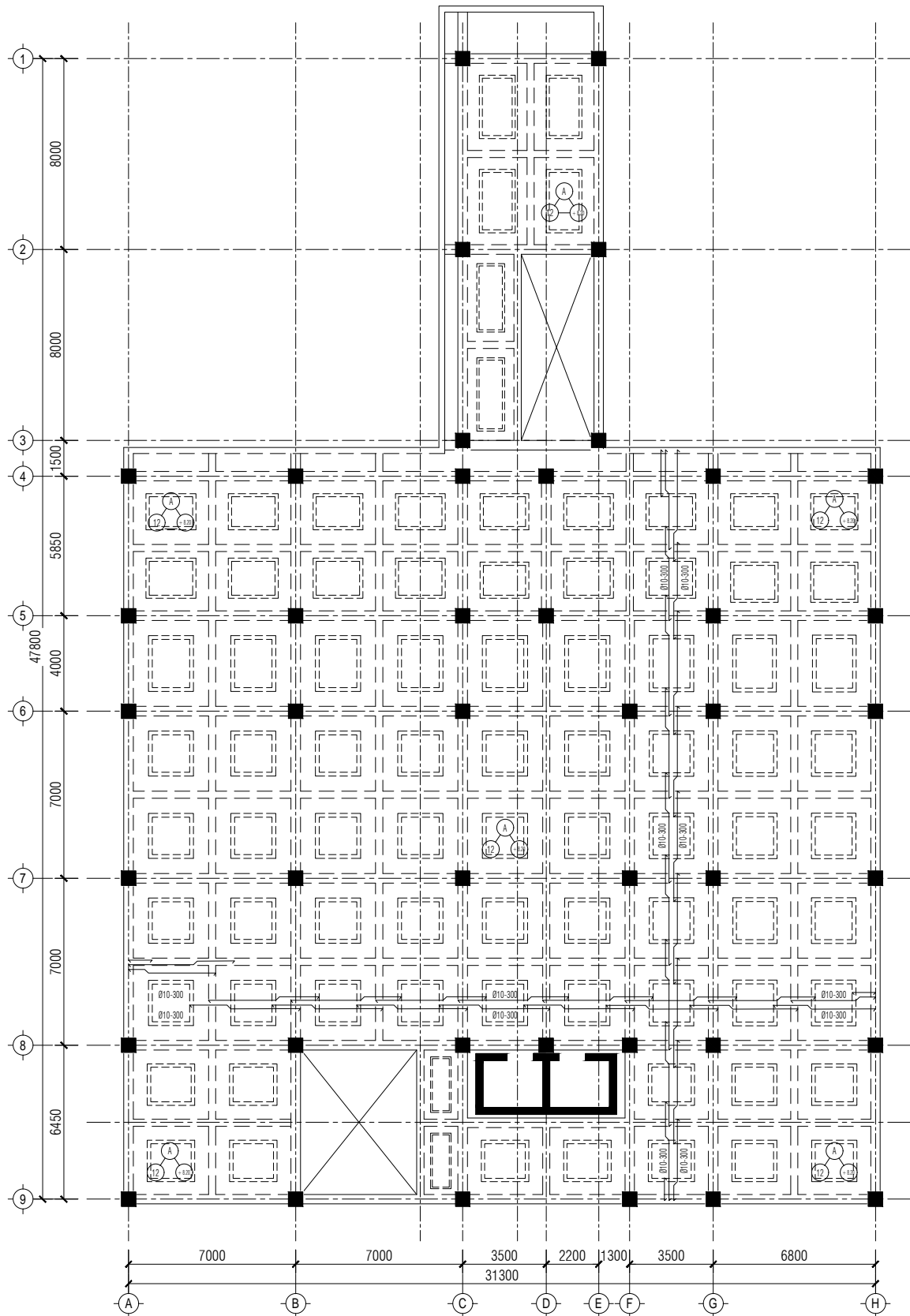
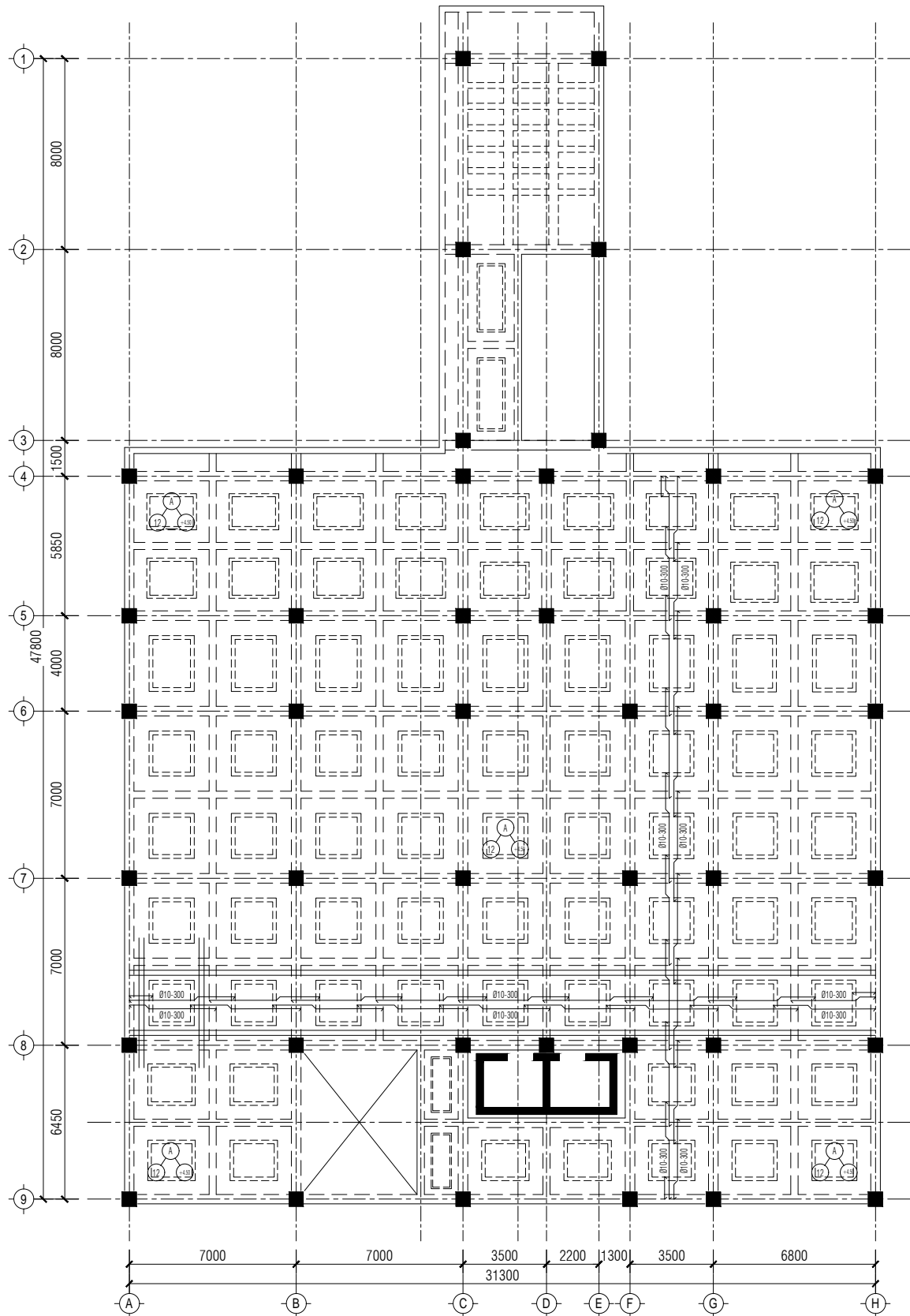
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH PLAT LT.2 (elv. + 4.50)	1:250
DENAH PLAT LT.2 (MEZZANINE elv. + 8.20)	1:250

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	23
TGL. 04 JULI 2018		

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

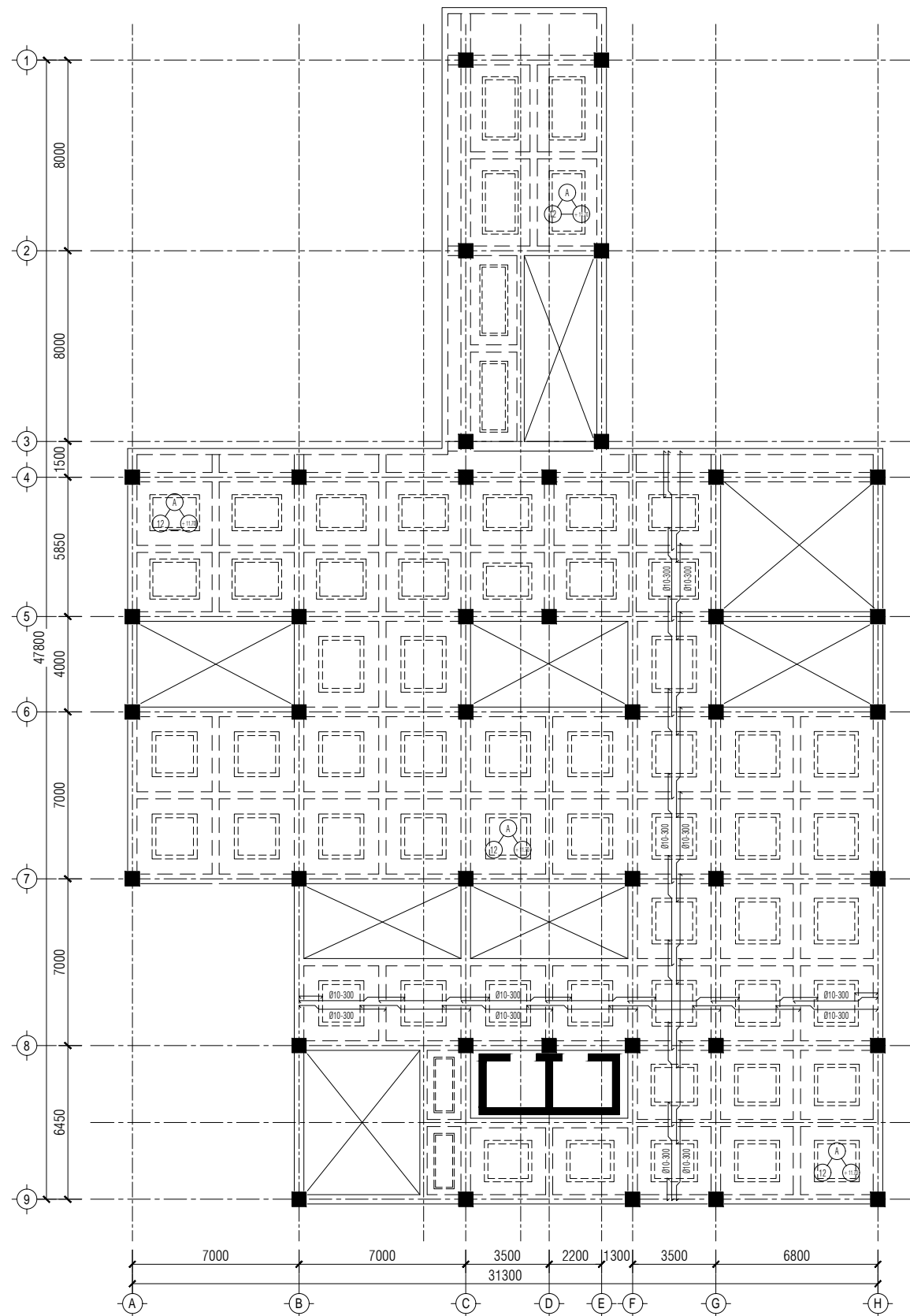
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH PLAT LT.3 (elv. +11.70)	1:250
DENAH PLAT LT.4 (elv. +15.70)	1:250

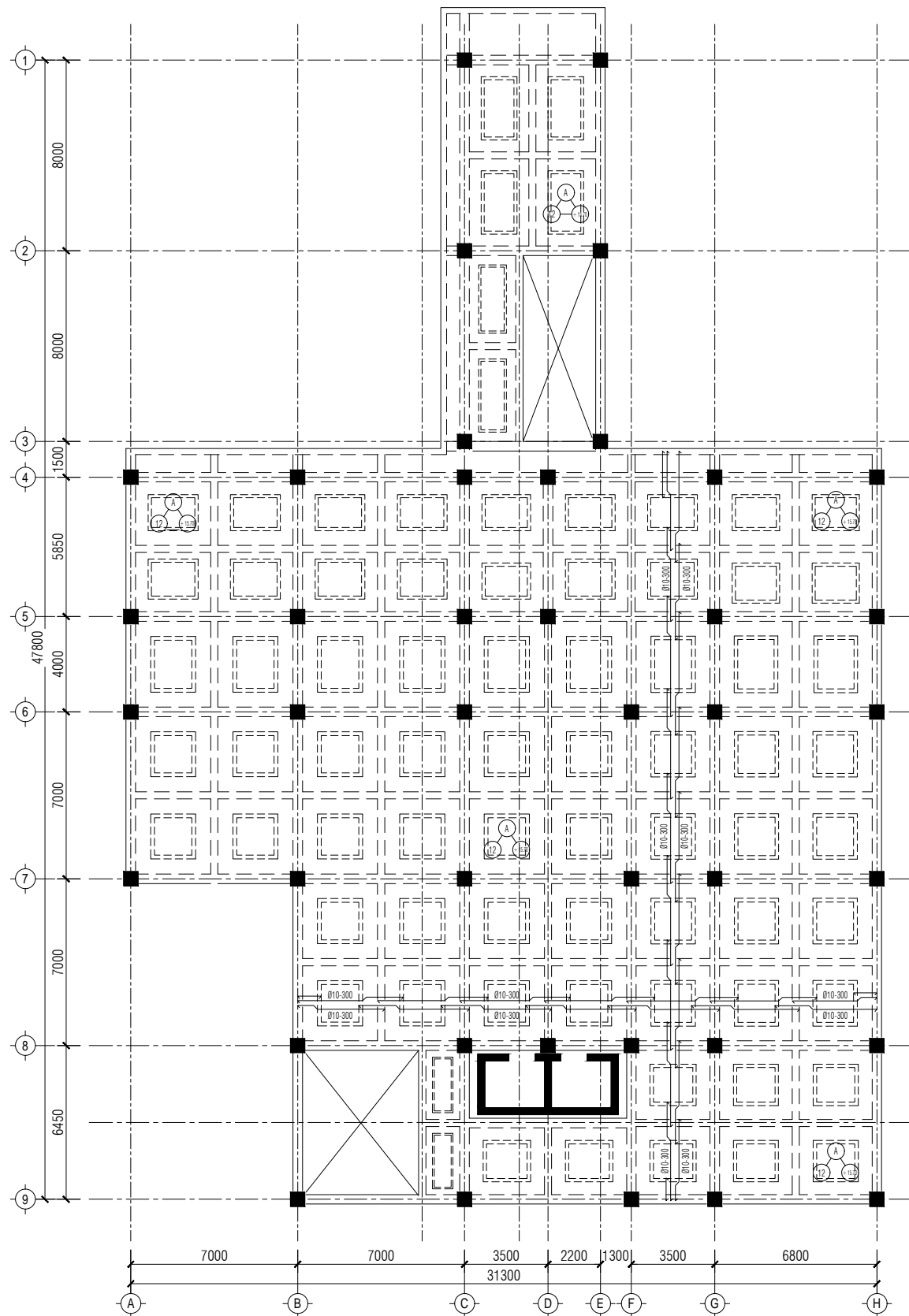
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	24
TGL. 04 JULI 2018		

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



DENAH PLAT LT.3 (elv. +11.70)

SKALA 1 : 250



DENAH PLAT LT.4 (elv. +15.70)

SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

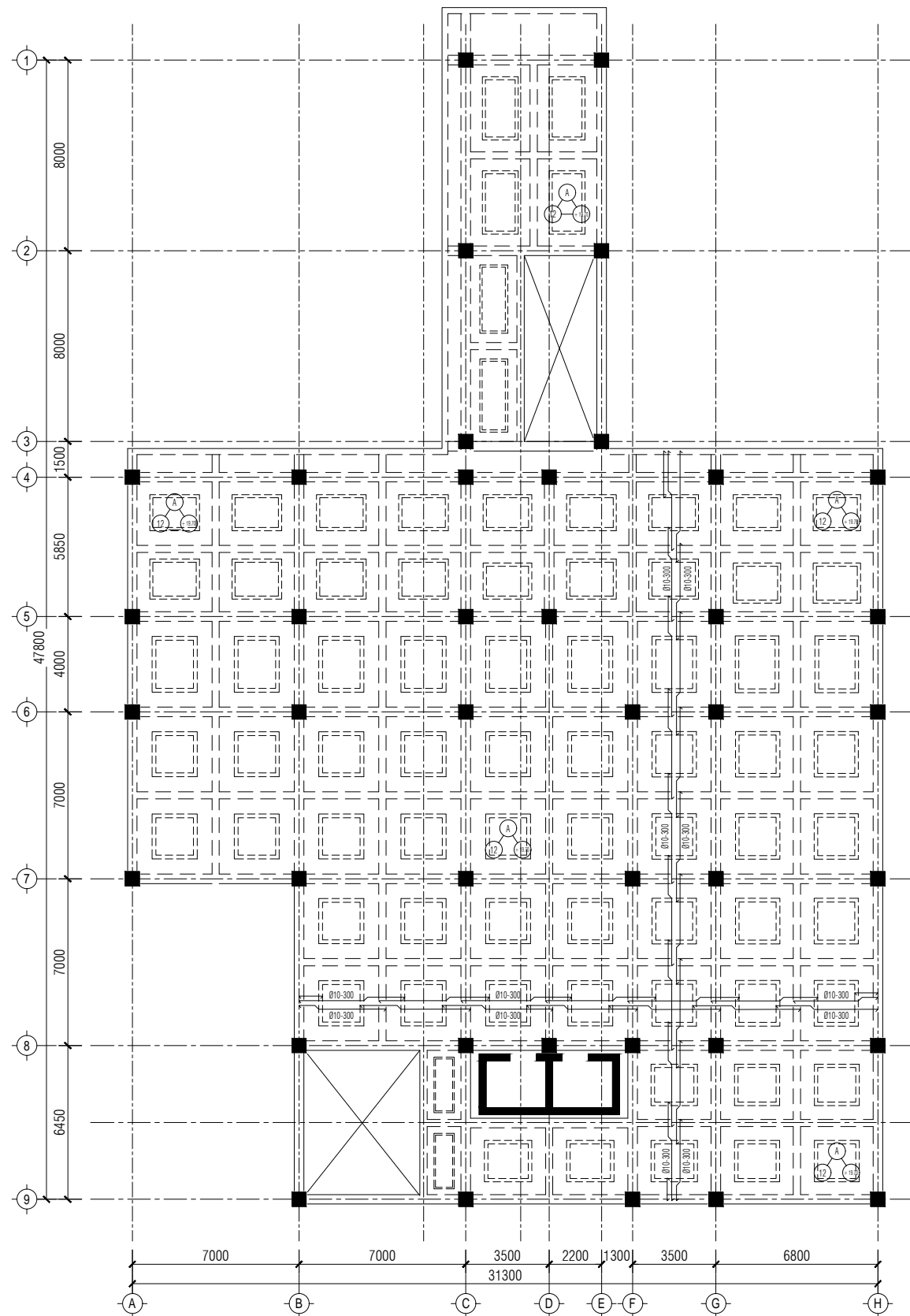
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH PLAT LT.5 (elv. +19.70)	1:250
DENAH PLAT LT.6 (elv. +23.70)	1:250

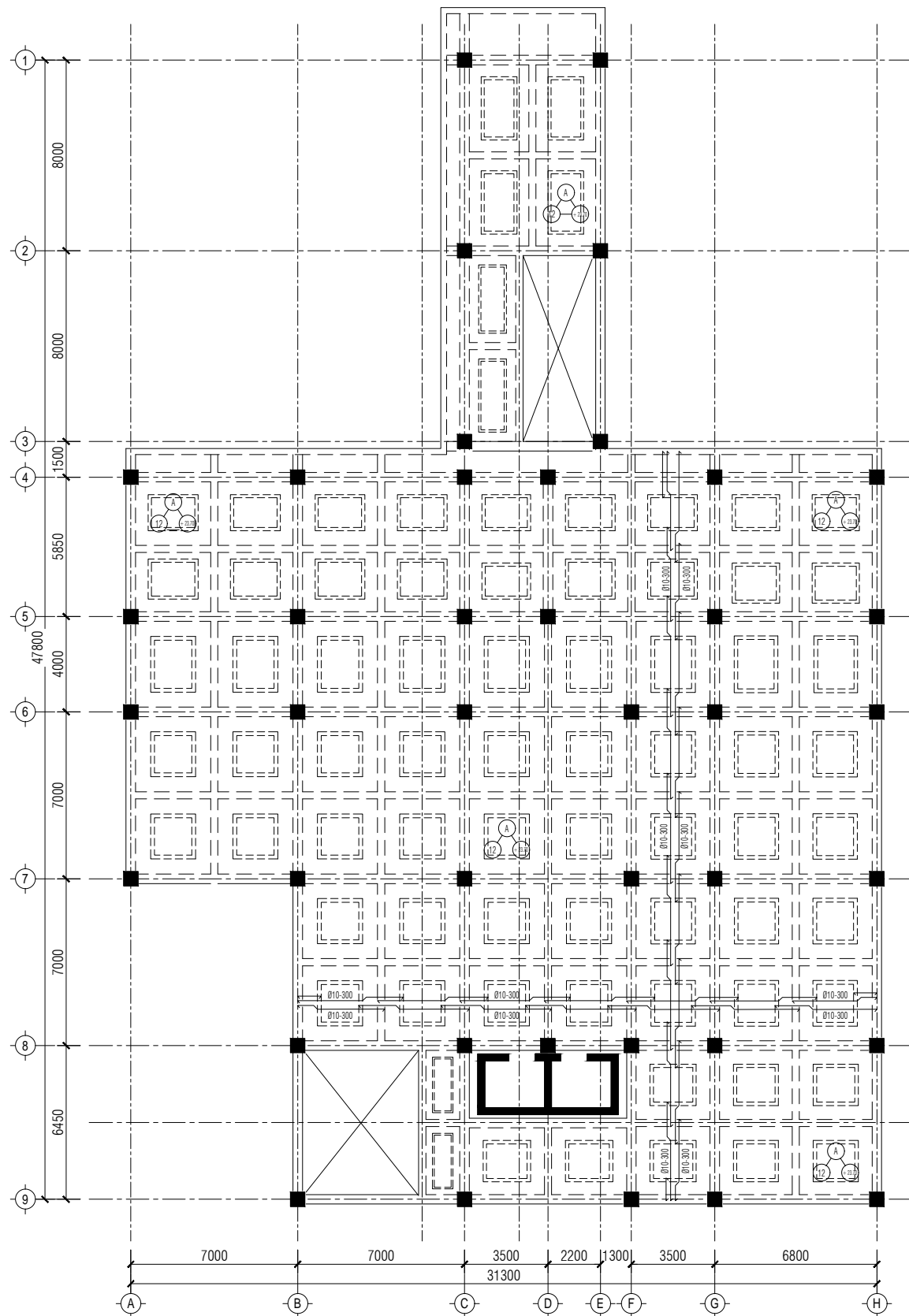
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	25
TGL. 04 JULI 2018		

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



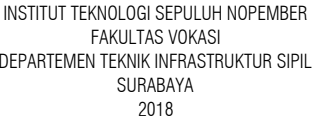
DENAH PLAT LT.5 (elv. +19.70)

SKALA 1 : 250



DENAH PLAT LT.6 (elv. +23.70)

SKALA 1 : 250



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 04 JULI 2018	STR	26

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



DETAIL A

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

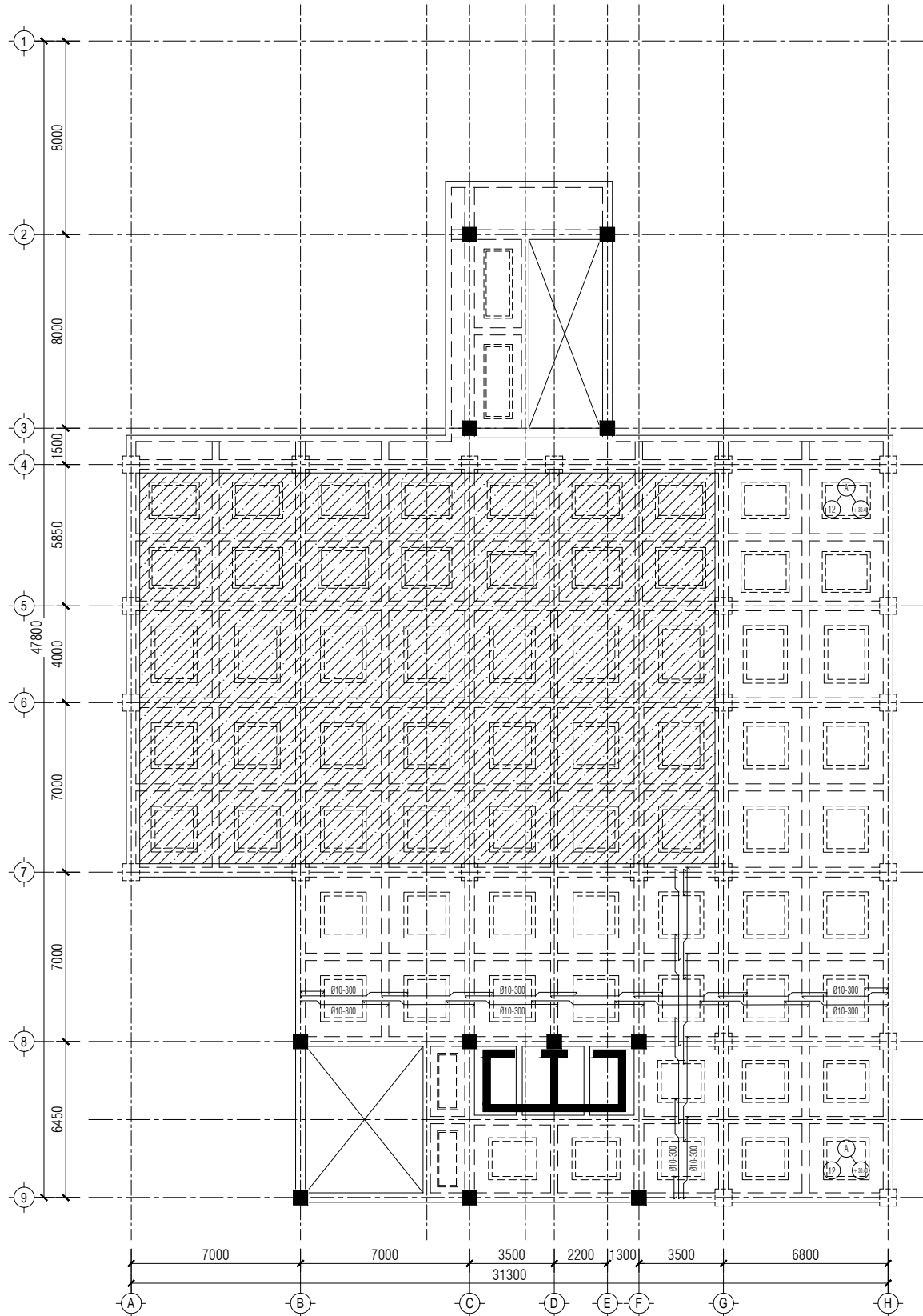
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH PLAT LT.8 (elv. +30.40)	1:250
DENAH PLAT LT.9 (ROOF TOP elv. +33.40)	1:250

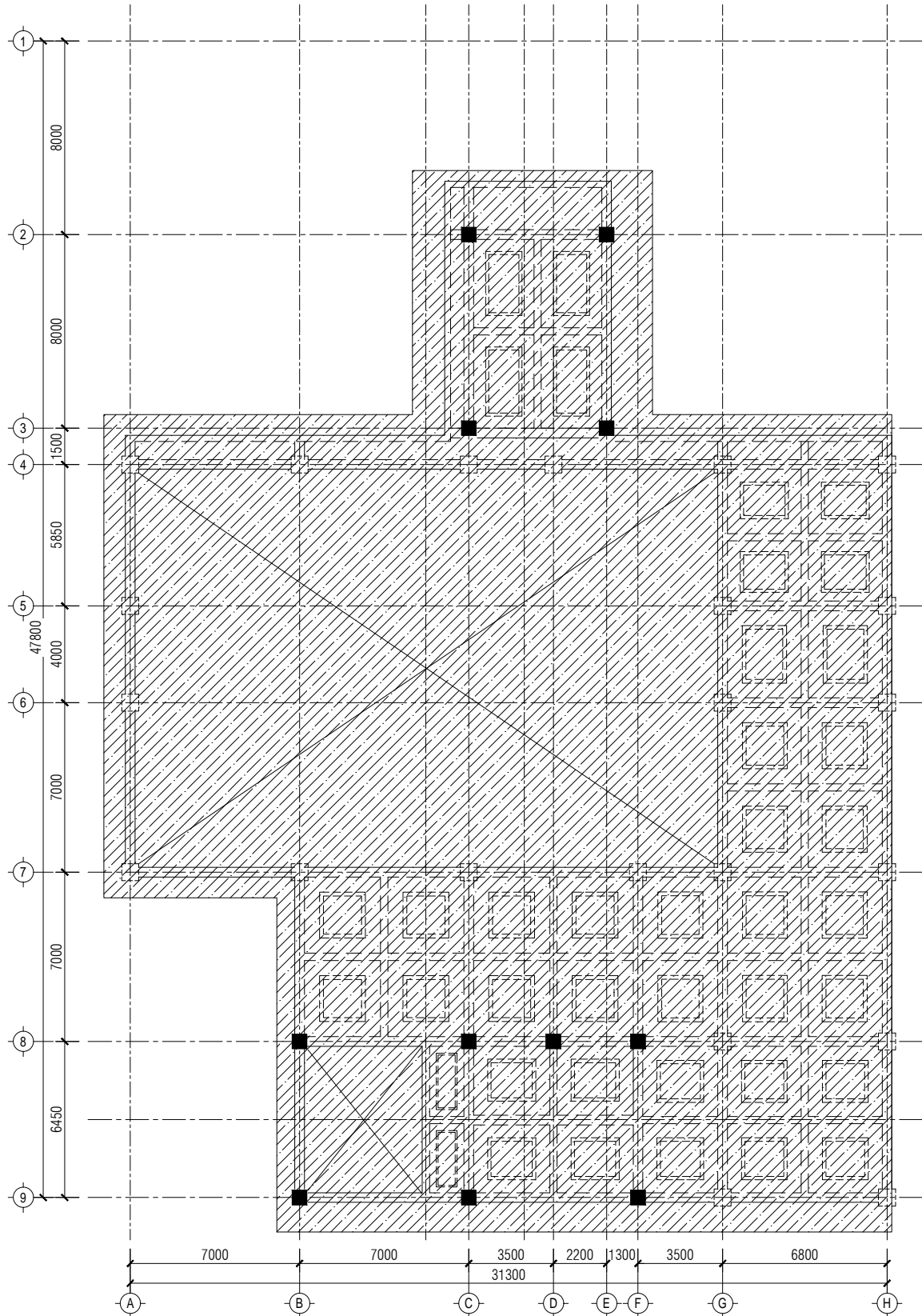
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	27
TGL. 04 JULI 2018		

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK
MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA
IZIN TERTULIS.



DENAH PLAT LT.8 (elv. +30.40)

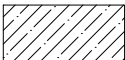
SKALA 1 : 250



DENAH PLAT LT.9 (ROOF TOP elv. +33.40)

SKALA 1 : 250

KETERANGAN



: KEBUTUHAN STRUKTUR TAMBAHAN TIDAK DIHITUNG



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
SURABAYA
2018

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

LOKASI

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

KETERANGAN

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

MAHASISWA

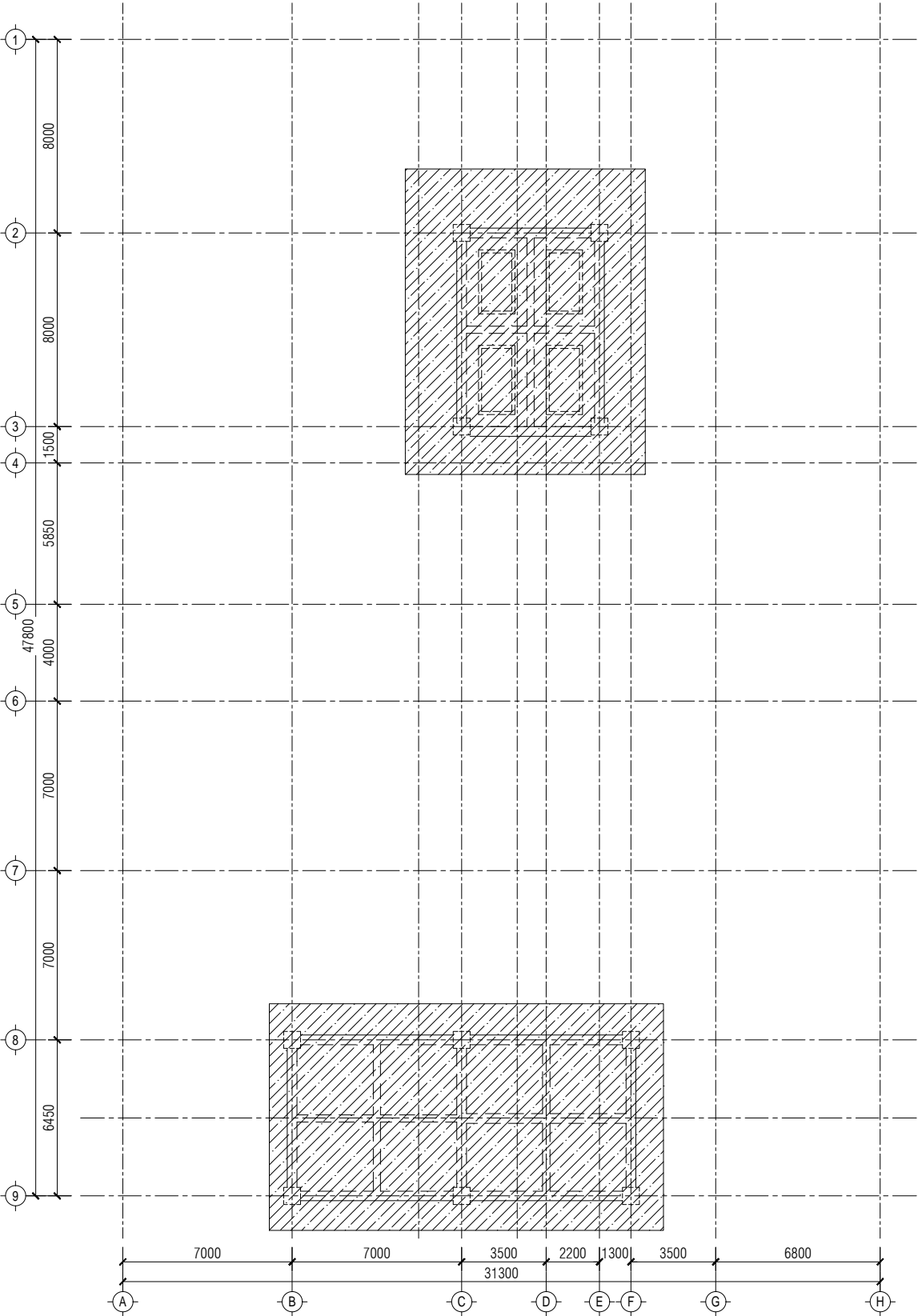
Moh. Safri Mansur
NRP. 10111715000047

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

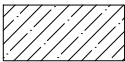
JUDUL GAMBAR		SKALA
DENAH PLAT ATAP (elv. +36.40)		1:250
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	28
TGL. 04 JULI 2018		
HAK CIPTA : SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.		



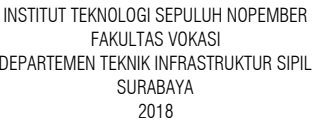
DENAH PLAT ATAP (elv. +36.40)

SKALA 1 : 250

KETERANGAN



: KEBUTUHAN STRUKTUR TAMBAHAN TIDAK DIHITUNG



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003



Moh. Safi'i Mansur
RP. 10111715000047





GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

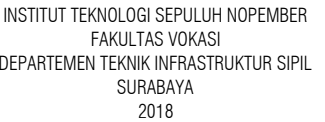
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 04 JULI 2018	STR	29

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



NO. ROBE	B-2	
POSISI	POTONGAN - 1	POTONGAN - 2
DIMENSI	400 x 600	
PENAMPANG		
TUJANGAN ATAS	8 D19	6 D19
TUJANGAN TENGAH	2 D16	
TUJANGAN BAWAH	6 D19	8 D19
SENGKANG	910 - 100	910 - 150

NO. KODE	K-2		K-3	
	POTONGAN - 3	POTONGAN - 4	POTONGAN - 5	POTONGAN - 6
POSISI	800 x 800		800 x 800	
DIMENSI	800 x 800		800 x 800	
PENAMBAH				
TUJUAN UTAMA	D10 D10		D10 D10	
SINGKAT	012 - 200	012 - 200	012 - 200	012 - 200



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
RP. 10111715000047





GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

1:200

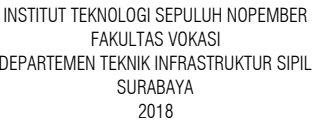
30

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



NO. KODE	8-7		8-5	
	POTONGAN - 1	POTONGAN - 2	POTONGAN - 3	POTONGAN - 4
POSISI	400 x 500		400 x 500	
DIMENSI				
PENSAMPANG				
TULANGAN ATAS	8 D19	6 D19	5 D19	3 D19
TULANGAN TENGAH	2 D18		2 D18	
TULANGAN BAWAH	6 D19	8 D19	3 D19	5 D19
SENGKANG	φ10 - 100	φ10 - 150	φ10 - 100	φ10 - 150

[illegible]



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003





Moh. Safi'i Mansur
RP. 10111715000047

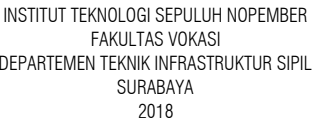
GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	31

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



NO. KODE	K-3		K-2	
	POTONGAN - 5	POTONGAN - 6	POTONGAN - 7	POTONGAN - 8
POSISI	600 x 600		600 x 600	
DIMENSI				
PENAMPANG				
TULANGAN UTAMA	1% D19		2% D19	
SENGKANG	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
RP. 1011171500004

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA





1:200





32

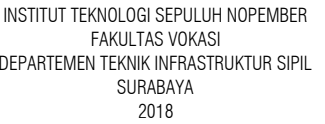
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



SKALA 1 : 200

NO. KODE	B-3		B-4	
	POTONGAN - 1	POTONGAN - 2	POTONGAN - 3	POTONGAN - 4
POSSI	400 x 500		400 x 500	
DIMENSI				
PENAMPANG				
TULANGAN ATAS	7 D19	5 D19	6 D19	4 D19
TULANGAN TENGAH	2 D16		2 D16	
TULANGAN BAWAH	5 D19	7 D19	4 D19	6 D19
SEKANGKANG	ø10 - 100	ø10 - 150	ø10 - 100	ø10 - 150

NO. KODE		K-2		K-3	
POSISI		POTONGAN - 5	POTONGAN - 6	POTONGAN - 7	POTONGAN - 8
DIMENSI		600 x 600		600 x 600	
PENAMPANG					
TILANGAN UTAMA		20 D19		16 D19	
SENGKANG		±12 - 200	±12 - 200	±12 - 200	±12 - 200



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
RP. 10111715000047

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:200

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

KODE	NO. LBR
------	---------





CHD	2.1
-----	-----




51R	54
-----	----

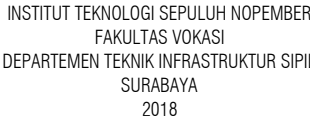
HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



SKALA 1 : 200

NO. KODE	B-2		B-4	
	POTONGAN - 1	POTONGAN - 2	POTONGAN - 3	POTONGAN - 4
PENAMPANG	400 x 500		400 x 500	
				
TILANGAN ATAS	8 D19	6 D19	6 D19	4 D19
TILANGAN TENGAH	2 D16		2 D16	
TILANGAN BAWAH	6 D19	8 D19	4 D19	6 D19
SENGKANG	ø10 - 100	ø10 - 150	ø10 - 100	ø10 - 150

NO. KODE		K-2		K-3	
POSISI	POTONGAN - 5	POTONGAN - 6	POTONGAN - 7	POTONGAN - 8	
DIMENSI	600 x 600		600 x 600		
PENAMPANG					
TULANGAN UTAMA	30 D19		16 D19		
SENGKANG	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200	



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
--------------	-------

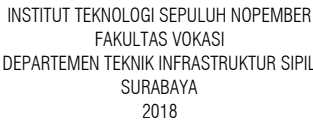
1:25

0. LBI

35

SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

SKALA 1 : 25



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

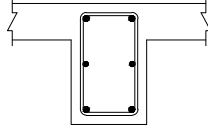
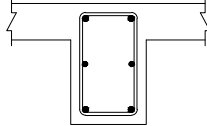
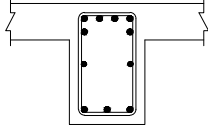
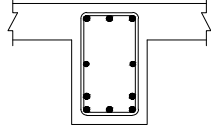
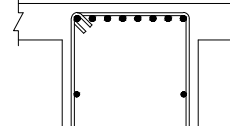
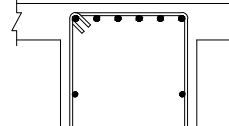
JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

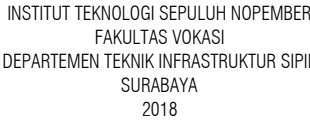
Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 04 JULI 2018	STR	36

NO. KODE	B-10		B-11		B-12	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	250 x 400		250 x 400		450 x 600	
PENAMPANG						
TULANGAN ATAS	2 D13	2 D13	6 D16	3 D13	8 D19	6 D19
TULANGAN TENGAH	2 D10		2 D10		2 D16	
TULANGAN BAWAH	2 D13	2 D13	3 D16	5 D13	6 D19	8 D19
SENGKANG	ø8 - 100	ø8 - 150	ø8 - 150	ø8 - 200	ø10 - 100	ø10 - 150

SKALA 1 : 25



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

[illegible]

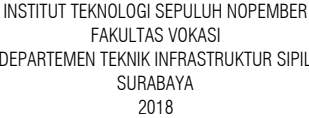
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
TABEL PENULANGAN KOLOM		1:25
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	37
	TGL. 04 JULI 2018	

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL PIT LIFT	1:50

[illegible]

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 04 JULI 2018	STR	38

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



SKALA 1 : 50



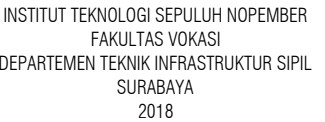
SKALA 1 : 50



SKALA 1 : 50



SKALA 1 : 50



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

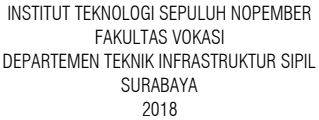
JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
RP. 10111715000047

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
IRP. 10111715000047

[illegible]

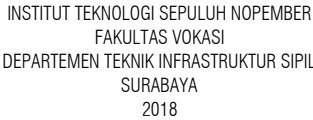
GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL TANGGA TIPE 1	1:60

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 04 JULI 2018	STR	40

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

[illegible]

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR		SKALA
DETAIL TANGGA TIPE 2		1:60
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	41
	TGL. 04 JULI 2018	

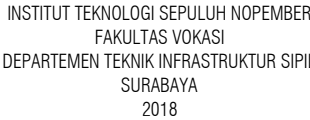
HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



SKALA 1 : 60



SKALA 1 : 60



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

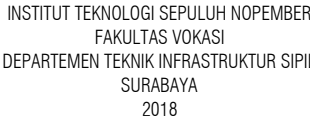
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:25

SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

SKALA 1 : 25



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)*
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

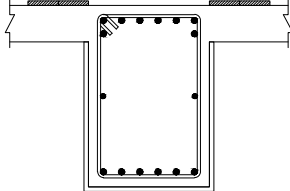
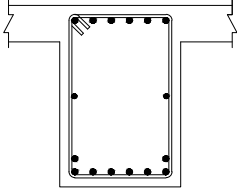
Moh. Safi'i Mansur
NRP. 1011171500004

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

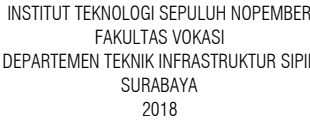
JUDUL GAMBAR	SKALA
--------------	-------

1:25

SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

NO. KODE	B-2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	400 x 600	
AS 3 JOINT C-E		
TULANGAN ATAS	8 D19	6 D19
TULANGAN TENGAH	2 D16	
TULANGAN BAWAH	6 D19	8 D19
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 150
PERKUATAN LENTUR	CFRP TAPE - 4 STRIP	-
PERKUATAN GESER	CFRP WRAP - 5 LAPIS	CFRP WRAP - 3 LAPIS

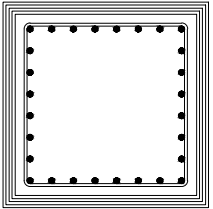
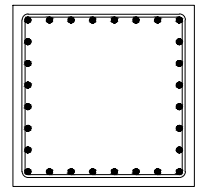
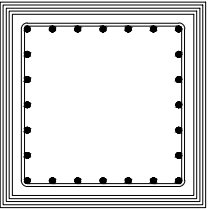
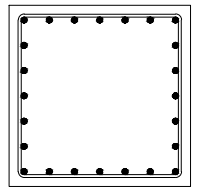
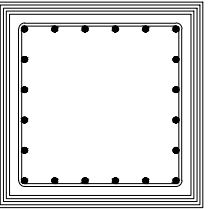
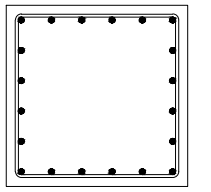
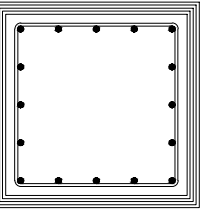
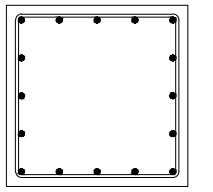
SKALA 1 : 25



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

NO. KODE	K-0		K-1		K-2		K-3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	600 x 600		600 x 600		600 x 600		600 x 600	
PENAMPANG								
TULANGAN UTAMA	28 D19		24 D19		20 D19		16 D19	
SENGKANG	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200	Ø12 - 200
PERKUATAN LENTUR	-	-	-	-	-	-	-	-
PERKUATAN GESER	CFRP WRAP - 4 LAPIS	-	CFRP WRAP - 4 LAPIS	-	CFRP WRAP - 4 LAPIS	-	CFRP WRAP - 4 LAPIS	-

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

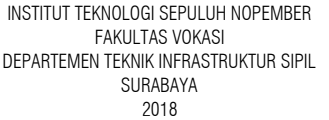
[illegible]

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

JUDUL GAMBAR		SKALA
TABEL PERKUATAN KOLOM		1:25
DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
	STR	44
	TGL. 04 JULI 2018	

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA. DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

SKALA 1 : 25



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

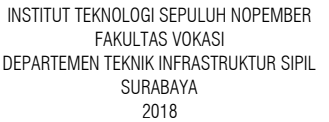
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

SKALA 1 : 25



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003

Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:25

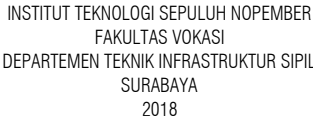
NO. LBR

STR

AK Cipta :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADAPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.

TEBAL = 0,13 mm

SKALA 1 : 25



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 145501)

PERKUATAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI MENGGUNAKAN CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)
DENGAN STUDI KASUS GEDUNG SMP 5
MUHAMADIYAH SURABAYA

JL. PUCANG TAMAN NO.1/2, KERTAJAYA,
GUBENG, - SURABAYA

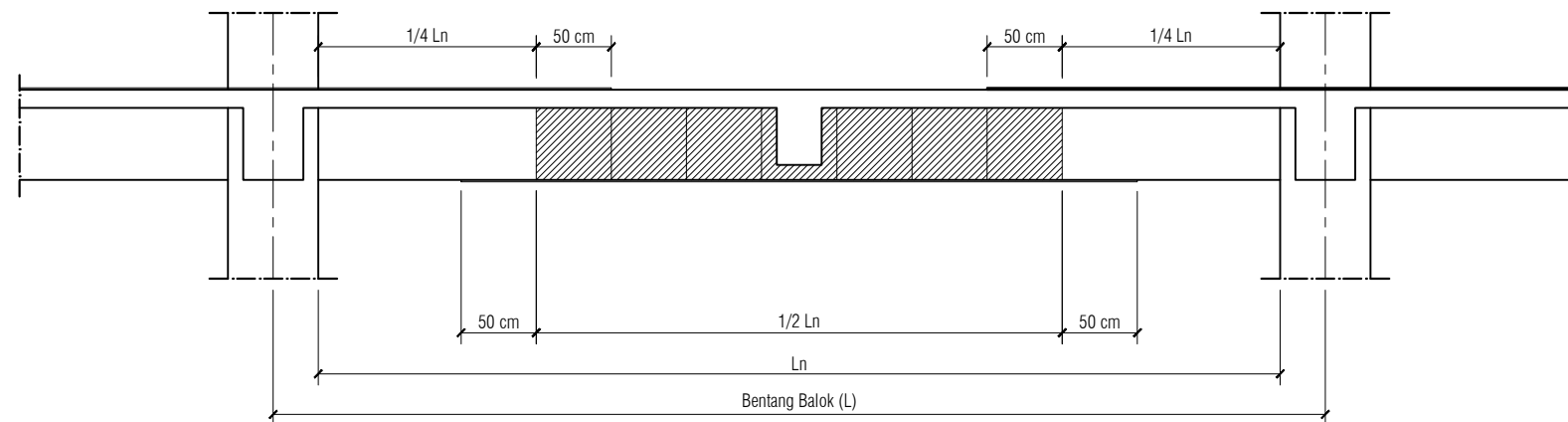
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.
NIP. 19630726 198903 003


Moh. Safi'i Mansur
NRP. 10111715000047

GEDUNG SMP 5 MUHAMADIYAH
SURABAYA

DOKUMEN GAMBAR KERJA	KODE	NO. LBR
TGL. 04 JULI 2018	STR	47

HAK CIPTA :
SEMUA INFORMASI DAN DATA DALAM GAMBAR INI MENJADI HAK MILIK DAN DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG HAK CIPTA.
DILARANG MENGAMBIL, MENGADOPSI, MENGGANDAKAN TANPA IZIN TERTULIS.



 ; PEMASANGAN CFRP TAPE PADA TUMPUAN
 ; PEMASANGAN CFRP TAPE PADA LAPANGAN
 ; PEMASANGAN CFRP WRAP PADA TUMPUAN (DIPASANG 1/4 L)
 ; PEMASANGAN CFRP WRAP PADA LAPANGAN (DIPASANG 1/2 L)

SKALA 1 : 25

